National Aeronautics and
Space Administration

ARSET

Applied Remote Sensing Training

http://arset.gsfc.nasa.gov

@NASAARSET

Introducción a la Teledetección de Floraciones de Algas Nocivas

Semana 1, 5 de septiembre de 2017

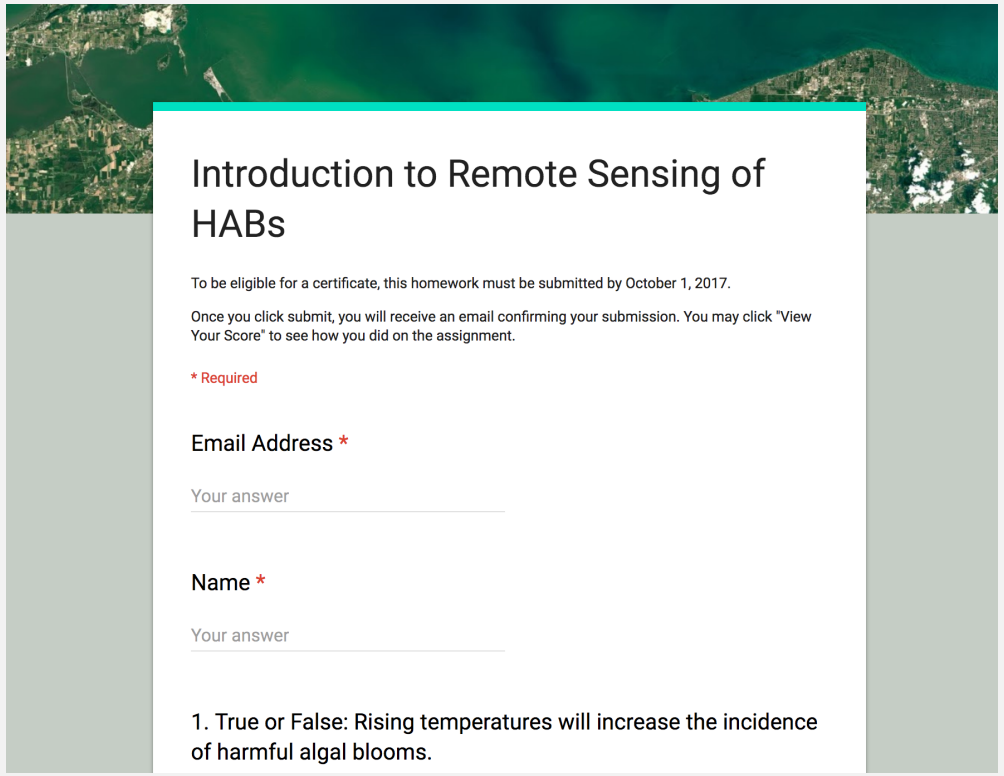
Presentadoras: Sherry Palacios
Amita Mehta

Estructura de la Capacitación

- Cuatro sesiones de 1 hora cada una: Los días martes en septiembre (5, 12, 19, y 26)
- Cada sesión se dará dos veces:
  - Sesión A: 11:00 – 12:00 horario Este de EEUU (UTC-4)
  - Sesión B: 21:00 – 22:00 horario Este de EEUU (UTC-4)
- Presentaciones:
  - Vista general de las Floraciones de Algas Nocivas (HABs por sus siglas en inglés)
  - Platformas y sensores, acceso a datos y procesamiento de datos
  - Entendiendo las HABs en el ambiente costero
  - El monitoreo a gran escala y la ciencia ciudadana
- Dos Tareas a ser hechas en casa: después de las semanas 2 y 4.
- Preguntas y respuestas después de cada sesión y por correo electrónico a las instructoras

Tarea y certificados

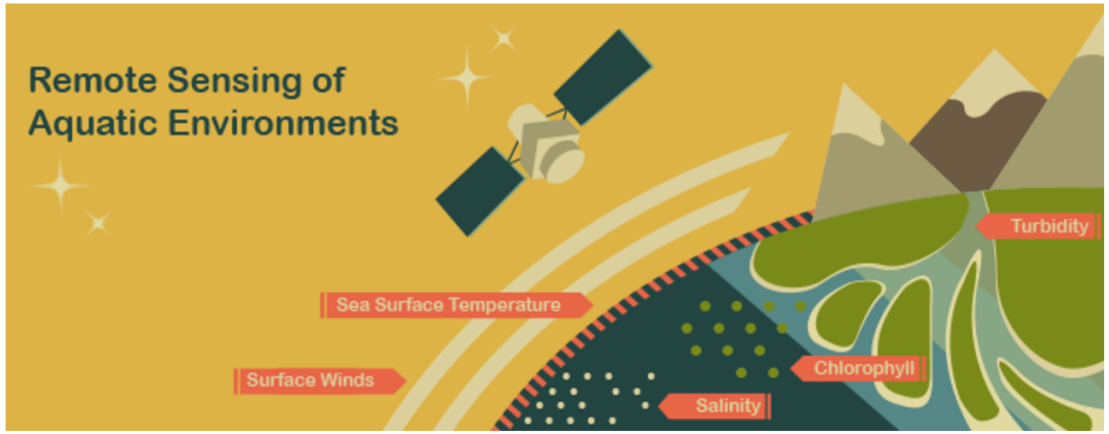
- Tarea
  - **Debe enviar sus respuestas vía Google Form**
- Certificado de Terminación:
  - Asista a todas las sesiones
  - Complete las tareas asignadas dentro del plazo estipulado (accesibles desde la página en línea de ARSET)
    - **Fechas límite de entrega: El 1ro y el 15 de octubre**
  - Ud. recibirá su certificado aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Prerrequisitos

- Fundamentos de la Percepción Remota Acuática
  - Sesión 2C
  - Disponible a pedido en cualquier momento
  - http://arset.gsfc.nasa.gov/webinars/fundamentals-remote-sensing

Session 2C: Fundamentals of Aquatic Remote Sensing



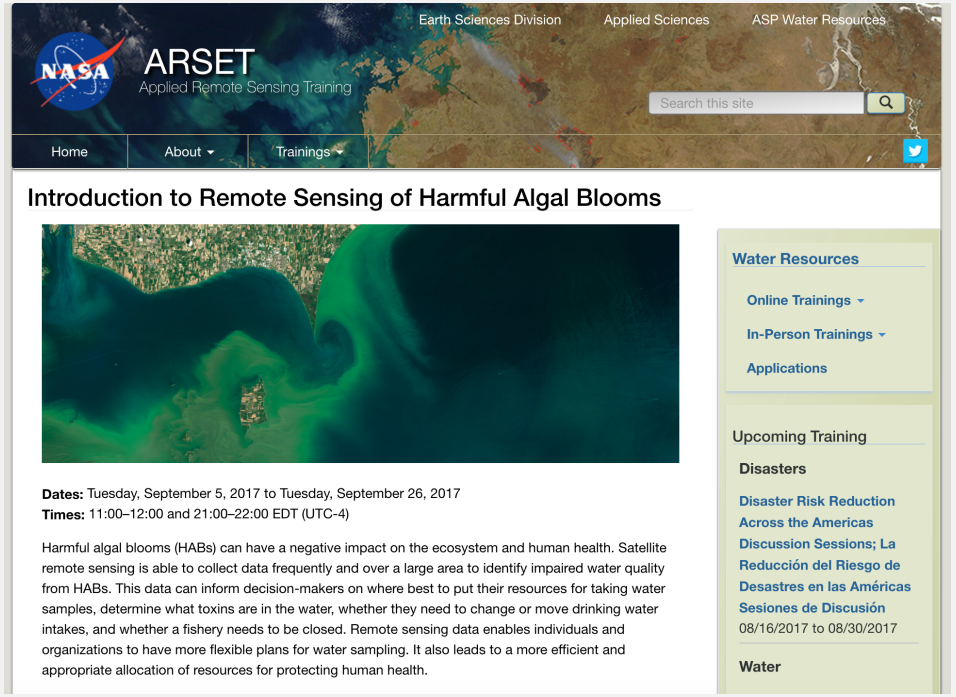
Overview of relevant satellites and sensors, and data and tools for aquatic environmental management. **View the recording »**

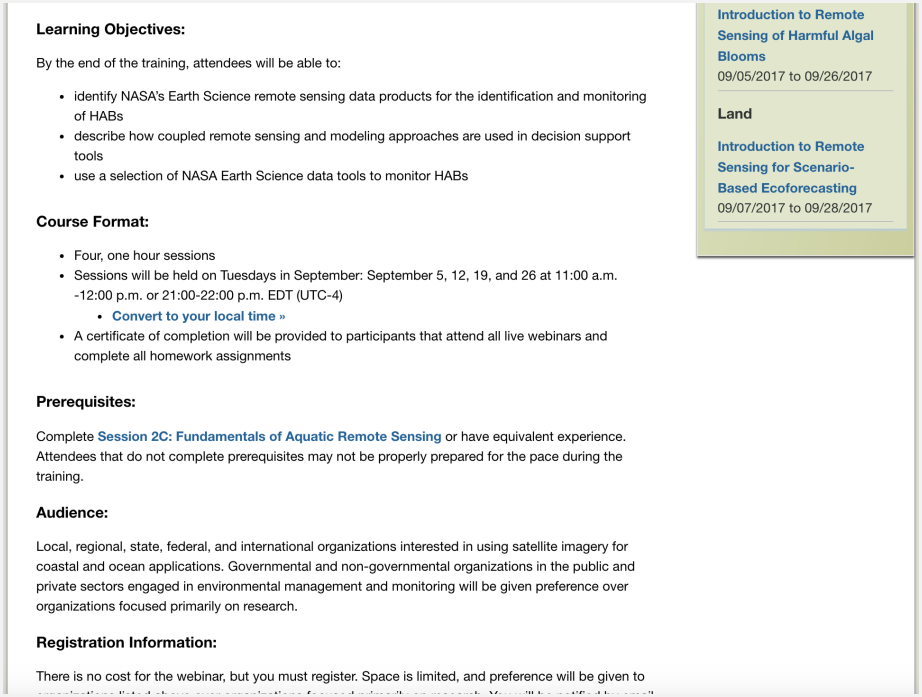
- **Presentation Slides**
- **Presenter Script**

Application Area: Airquality, All, Disasters, Land, Water, Wildfires
Available Languages: English
Keywords:
Conservation, Fires and Smoke, Flooding, Land-Cover and Land-Use Change (LCLUC), Satellite Imagery, Tools, Vegetation Indices, Water Quality

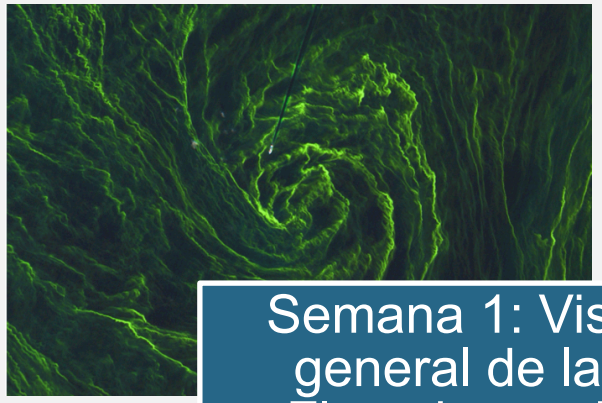
Material del curso

Las grabaciones de las sesiones, las presentaciones y las tareas para la casa están disponibles en: https://arset.gsfc.nasa.gov/water/webinars/HABs17





Reseña del Curso



Semana 1: Vista general de las Floraciones de Algas Nocivas

Semana 2: Platformas y sensores, acceso a datos y procesamiento de datos

Fuente: Paul Hillman/NOAA

Semana 3: Las HABs en el ambiente costero

Semana 4: El monitoreo a gran escala

Reseña - Sesión 1

- Estructura y Objetivos del Curso
- Vistazo General del ARSET
- Vistazo General de las HABs* Marinas y de Agua Dulce
- HABs, Ecosístemas y la Salud Humana
- Métodos de Monitoreo In Situ de HABs
- Cómo Se Usa la Teledetección/ Percepción Remota para Detectar HABs
- Las Ventajas y Limitaciones de la Teledetección en Ambientes Acuáticos

*Siglas en inglés de Harmful Algal Bloom, i.e. Floraciones de algas nocivas

ARSET
Applied Remote SEnsing Training Program

(Programa de capacitación de percepción remota [o teledetección] aplicada)

http://arset.gsfc.nasa.gov

NASA Applied Remote SEnsing Training Program (ARSET)

(Programa de capacitación de percepción remota [o teledetección] aplicada)

http://arset.gsfc.nasa.gov/

- Empoderando a la comunidad global a través de la capacitación de percepción remota
- Parte del programa de Ciencias Aplicadas de la NASA
- Objetivo: fomentar el uso de las Ciencias Terrestres en la toma de decisiones a través de capacitaciones para:
  - formuladores de políticas
  - gestores ambientales
  - otros profesionales en los sectores público y privado
- Se ofrecen capacitaciones enfocadas en:

Desastres

Pronósticos ecológicos

Salud y calidad del aire

Recursos hídricos

Formatos de capacitaciones ARSET

En línea

- Se ofrecen por internet
- Disponibles en vivo y grabadas
- Típicamente una sesión de 1 hora, una vez por semana durante 4 a 6 semanas
- Disponible en todos los niveles:
  - Fundamentos de la percepción remota
  - Introductorio
  - Avanzado

Presenciales

- 2 a 7 días de duración
- Realizadas en un laboratorio de computación
- Mezcla de lecciones y ejercicios
- Estudios de caso localmente relevantes
- Niveles disponibles:
  - Introductorio
  - Avanzado

Capacitación para los capacitadores

- Capacitaciones y materiales
- Se ofrecen en línea y en persona
- Para organizadores procurando desarrollar sus propios programas de capacitación de percepción remota/ teledetección

ARSET- Niveles de Capacitación

Fundamentos

Nivel 0

- Sólo por internet
- No supone ningún conocimiento anterior de la percepción remota/ teledetección
- Ejemplos:
  - *Fundamentos de la Percepción Remota*
  - *Fundamentos de la Teledetección Acuática*

Capacitaciones Básicas

Nivel 1

- En-línea y presenciales
- Requiere capacitación nivel 0 o conocimiento equivalente
- Aplicaciones específicas
- Ejemplo:
  - *Introducción a la Percepción Remota para Aplicaciones Oceánicas y Costeras*

Capacitaciones Avanzadas

Nivel 2

- En línea y presenciales
- Requiere capacitación nivel 1 o conocimiento equivalente
- Temas más profundizados o enfocados
- Ejemplo:
  - *El Monitoreo de Floraciones de Algas en los Grandes Lagos*

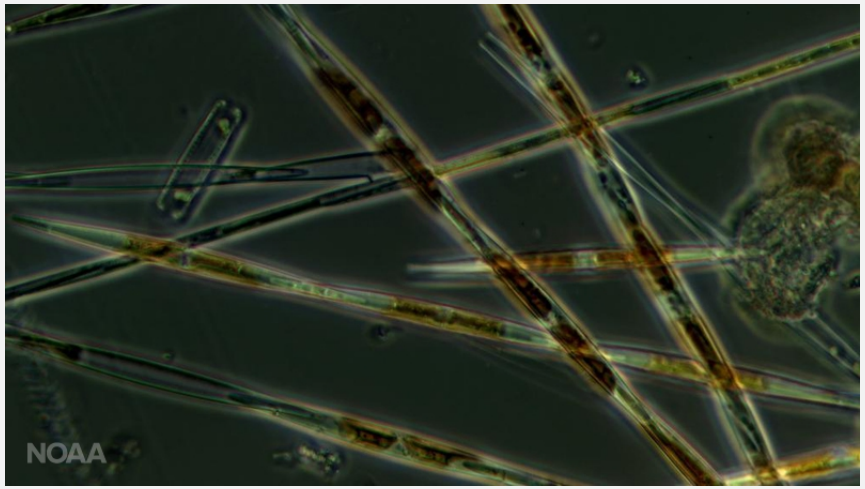
ARSET ListServ

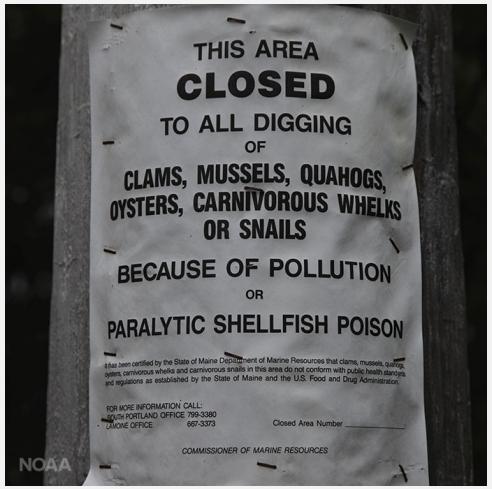
- Para mayor información sobre futuras capacitaciones y novedades del programa, por favor inscríbase en el listserv
- https://lists.nasa.gov/mailman/listinfo/arset

Visión General de HABs Marinas y de Agua Dulce

¿Qué son las Floraciones de Algas Nocivas?

"Las floraciones de algas nocivas (Harmful algal blooms, HABs) ocurren cuando las colonias de algas — plantas simples que viven en el mar o en el agua dulce — crecen fuera de control y producen efectos tóxicos o nocivos en las personas, peces, mariscos, mamíferos y aves marinas. Las enfermedades humanas causadas por las HABs, aunque raras, pueden ser debilitantes y hasta mortales."





Fuente: http://www.noaa.gov/what-is-harmful-algal-bloom

Cómo la HABs Pueden Ser Nocivas

- Producen toxinas
- Causan pérdidas económicas
- Contaminan el agua potable
- Asfixian organismos bentónicos
- Agotan el oxígeno
- Impiden a depredadores visuales
- Atenúan la luz que llega a la vegetación subacuática y a los corales

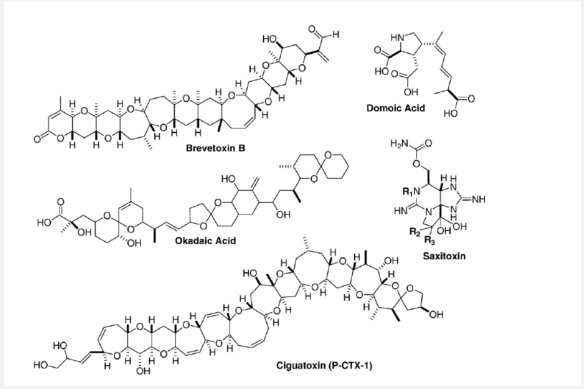


Photo Credits (clockwise from top left) Karina Cardozo (Cardozo et al., 2007); NASA Earth Observatory; NOAA Northwest Fisheries Science Center; Linda Preskitt

Intoxicaciones y Síndromes de HABs

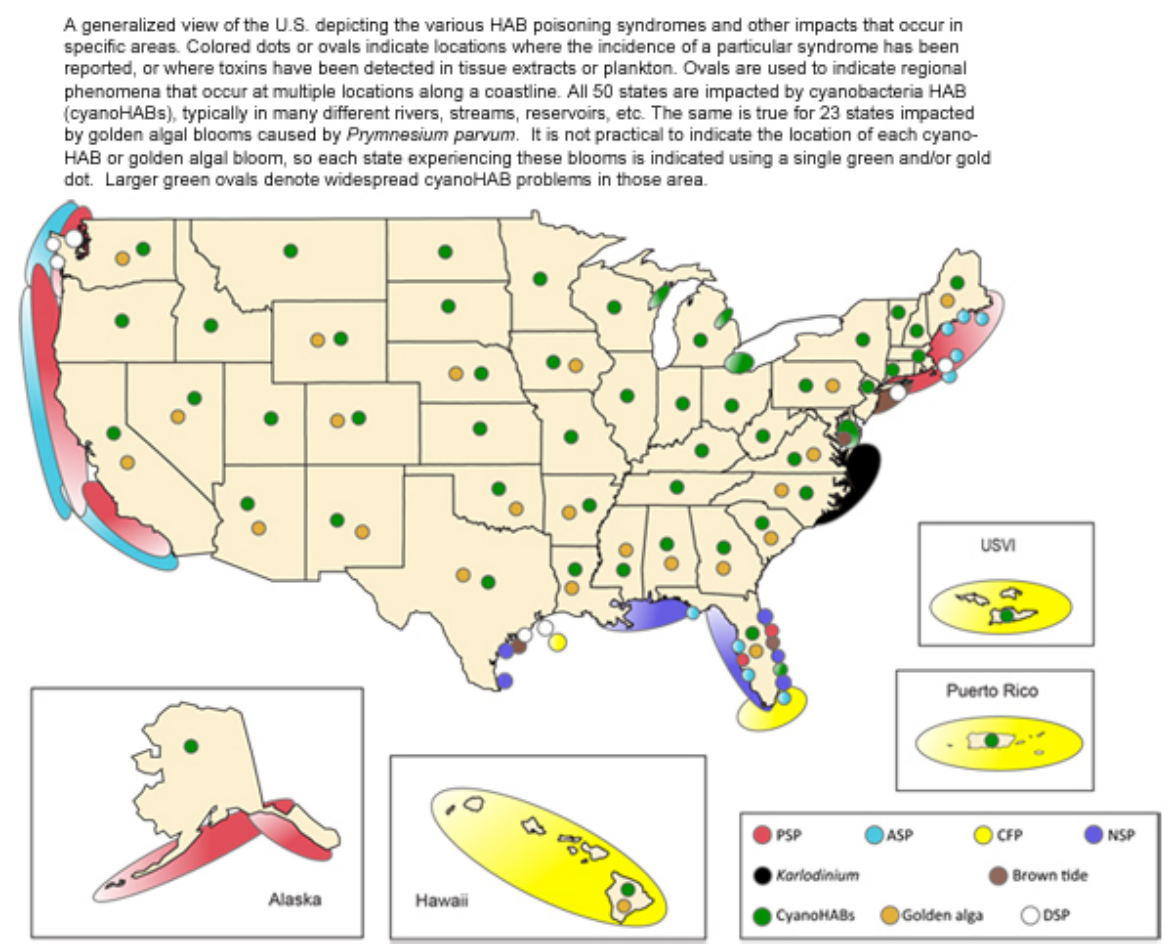


Image Credit: WHOI

- Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)

(Intoxicaciones paralizantes provocadas por moluscos)

- Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)

(Intoxicaciones amnésicas por moluscos)

- Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP)

(Intoxicaciones neurotóxicas por moluscos)

- Ciguatera Fish Poisoning (CFP)

(Intoxicaciones provocadas por ciguateras)

- Brown Tide (BT)

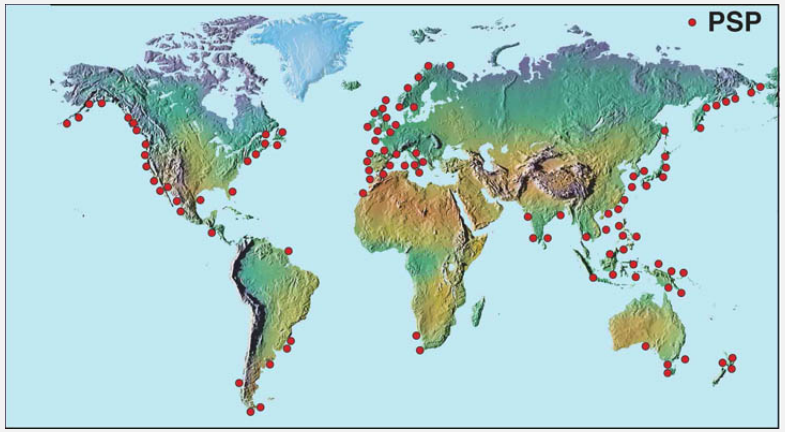
(Mareas cafés/marrones)

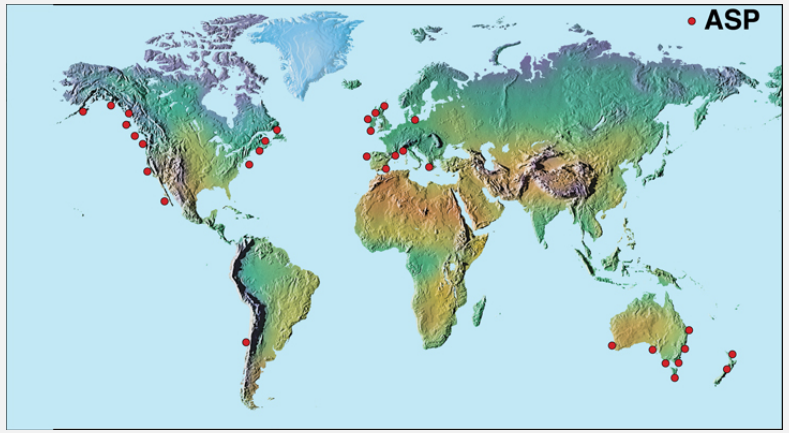
- HABs Cianobactéria (cyanoHAB)
- Diarrheic Shellfish Poisoning (DSP)

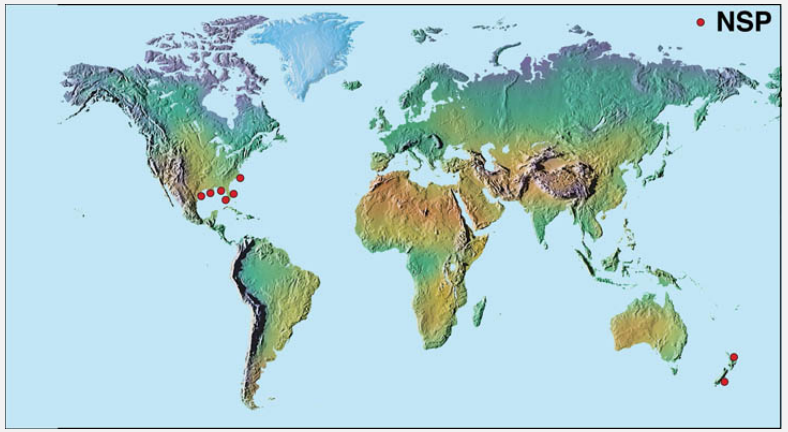
(Intoxicaciones diarreicas por moluscos)

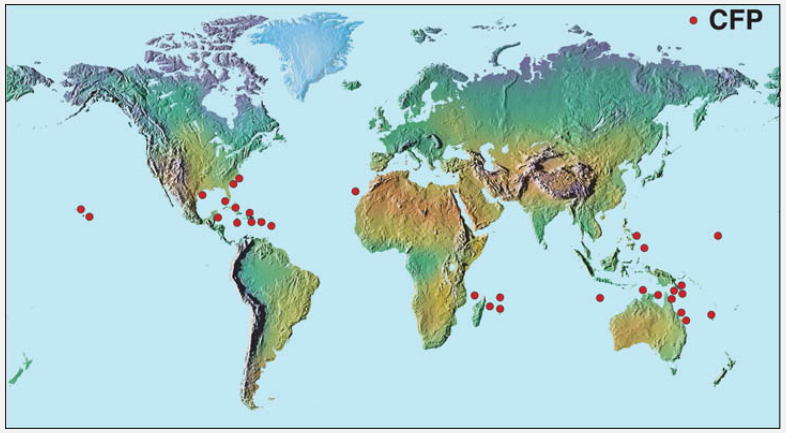
Distribución Global de Toxinas de HABs

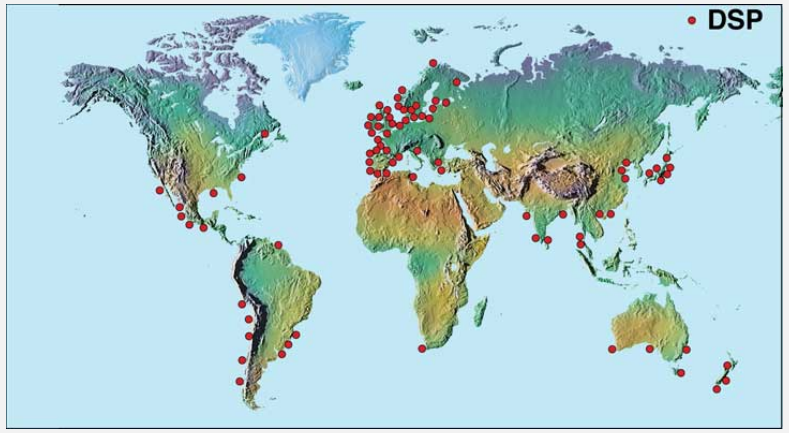
Registrado en 2016









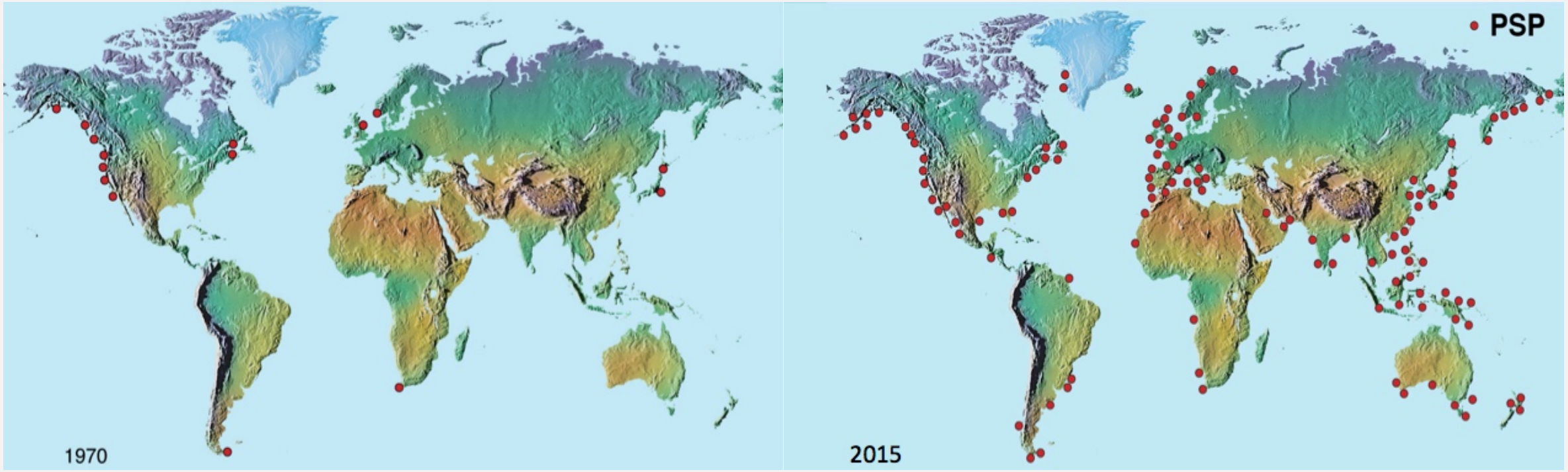


PSP - Paralytic Shellfish Poisoning
ASP - Amnesic Shellfish Poisoning
NSP - Neurotoxic Shellfish Poisoning
CFP - Ciguatera Fish Poisoning
DSP - Diarrheic Shellfish Poisoning

Images: WHOI http://www.whoi.edu/redtide/regions/world-distribution

¿Por qué la tendencia de incremento en eventos de HABs?

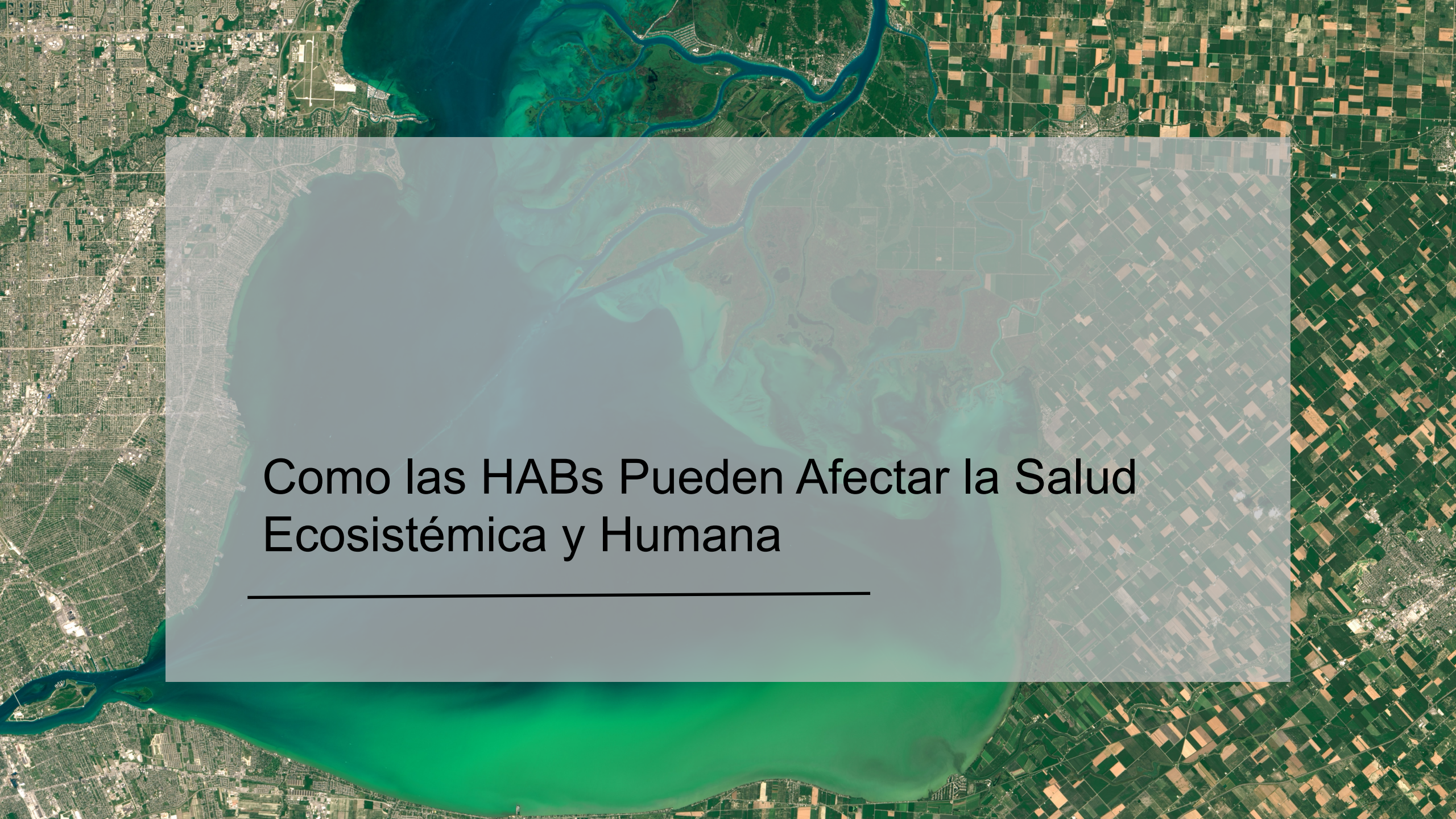
Estudio de caso de intoxicaciones paralíticas por mariscos



Fuente: WHOI http://www.whoi.edu/redtide/regions/us/recent-trends

¿Qué causa las HABs?

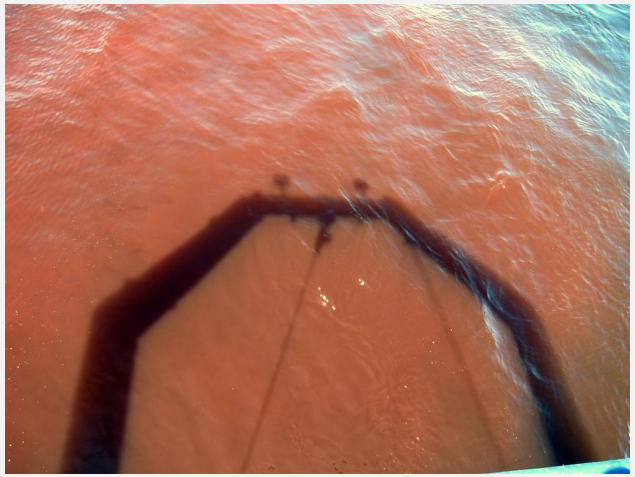
- Carga de nutrientes-- “eutrofización”
- Contaminación
- Agua tibia
- Cambios en la red alimentaria
- Especies introducidas
- Cambios en el flujo de agua
  – e.g., después de eventos como huracanes, sequías o inundaciones
- Otros factores aún desconocidos

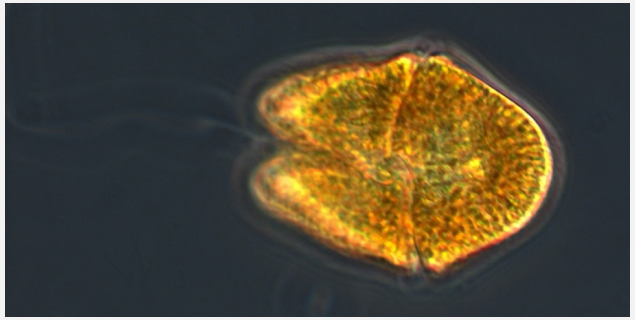


Como las HABs Pueden Afectar la Salud Ecosistémica y Humana

Agotamiento del Oxígeno

Marea roja – e.g., *Akashiwo sanguinea*





- Las algas pueden proliferarse hasta tal densidad que la fotosíntesis no compensa la demanda biológica de oxígeno
- La descomposición de las floraciones de algas consume el oxígeno en el ambiente resultando en ‘bajo oxígeno’ o hipoxia (2 – 3 ppm)
- La hipoxia puede causar muertes masivas de peces, corales, mariscos y vegetación subacuática

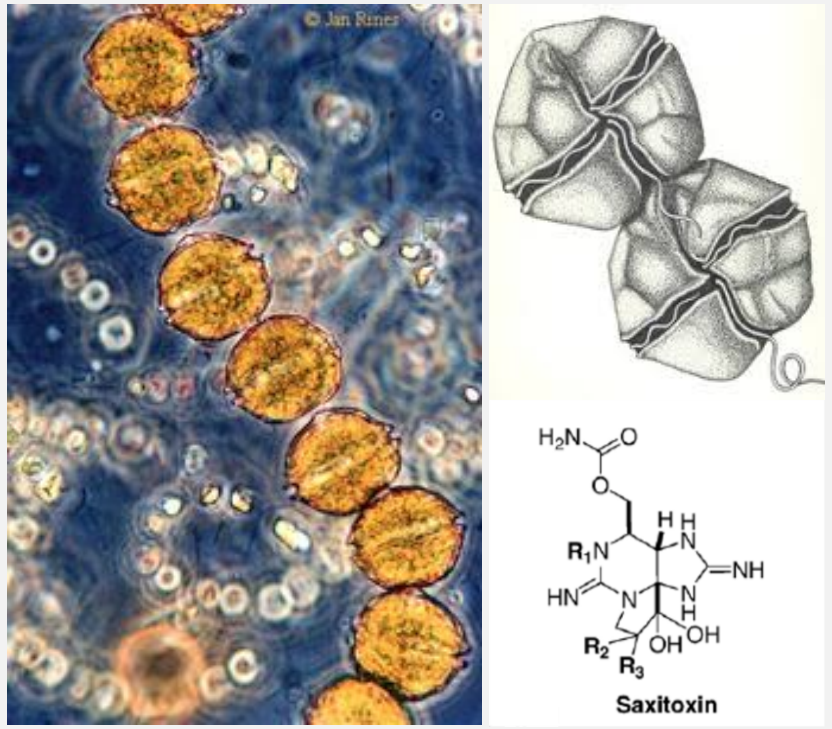
Photo Credit: Sherry Palacios

Vectores en la Red Alimentaria

Intoxicación Paralítica por Mariscos – e.g., *Alexandrium catanella*

- Causada por consumir mariscos que contienen toxinas, tales como saxitoxina
- Los síntomas comienzan dentro de 24 horas
- Síndrome neurológico posiblemente mortal
- Síntomas: hormigueo, insensibilidad, quemazón en el abdomen, pérdida de movimientos corporales, vértigo, fiebre y erupción cutánea
- Monitoreo a gran escala en EEUU con respuesta rápida y regulación de la pesca
- Responder rápido es la clave para proteger la salud humana

Credit: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/paralytic-shellfish-poisoning

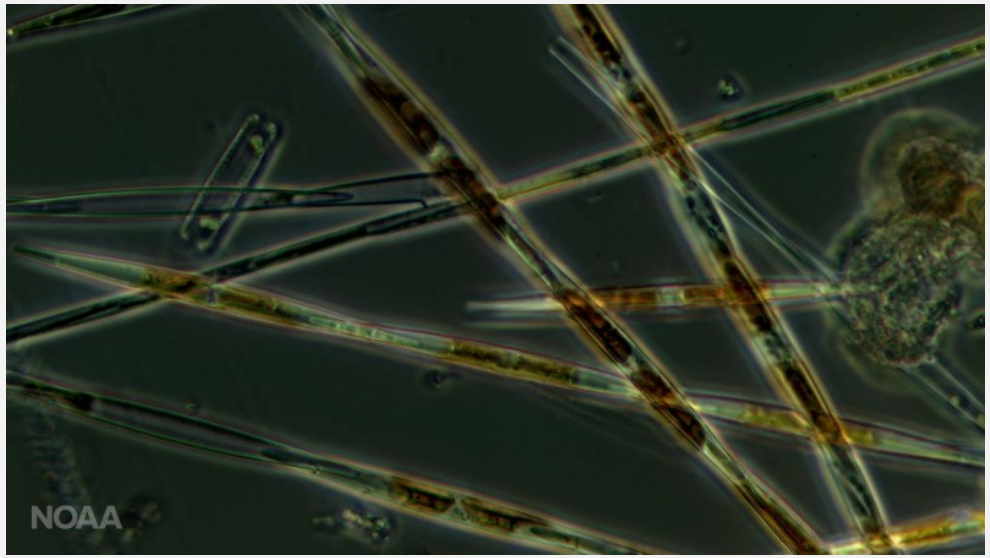


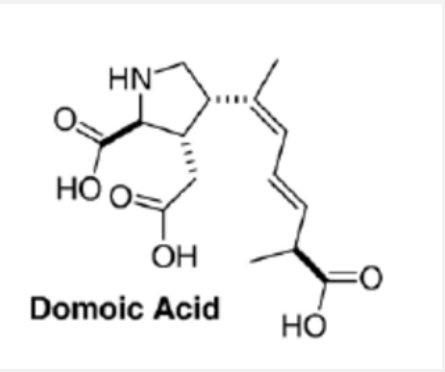
Fuente: Left: Jan Rines (U. of Rhode Island) http://oceandatacenter.ucsc.edu; Right: Karina Cardozo (Cardozo et al., 2007)

Vectores en la Red Alimentaria

Intoxicación Amnésica por Mariscos – e.g., *Pseudo-Nitzschia* sp.

- Es causada por consumir mariscos que contienen toxinas, tales como el ácido domoico (DA)
- Tiene efectos gastrointestinales y neurológicos con síntomas que comienzan dentro de 24 a 48 horas
- Puede ser mortal





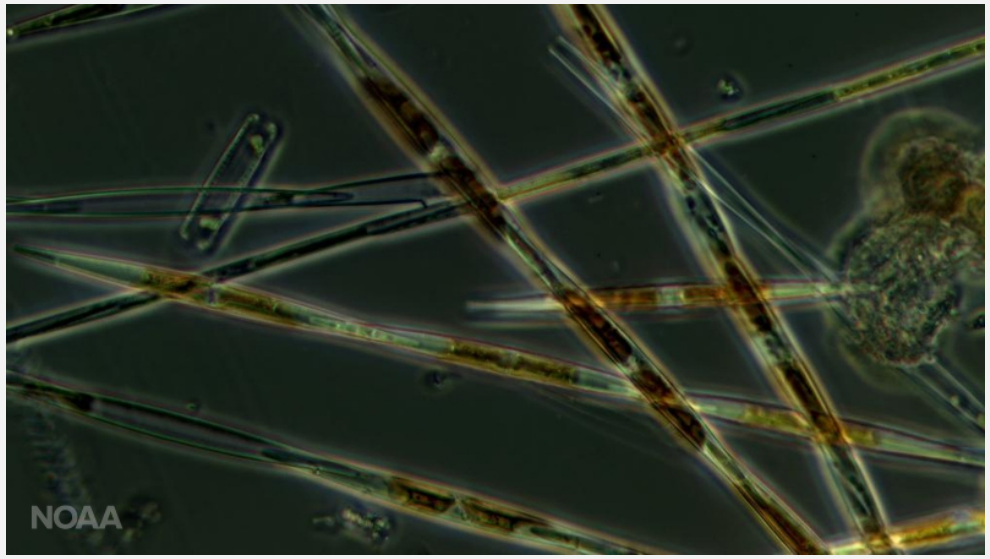
Credit: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/amnesic-shellfish-poisoning

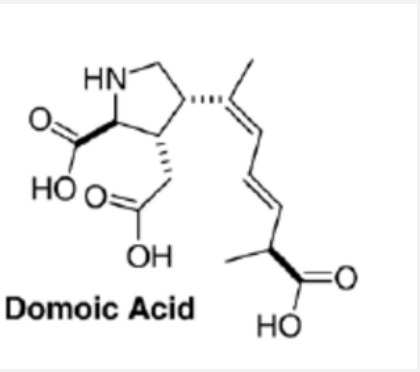
Image Credits: NOAA, Karina Cardozo (Cardozo et al., 2007) (DA molecule)

Vectores en la Red Alimentaria

Intoxicación Amnésica por Mariscos– e.g., *Pseudo-Nitzschia* sp.

- Síntomas
  - Gastrointestinales: náuseas, vómitos, calambres abdominales, diarrea
  - Neurológicos: mareo, dolor de cabeza, convulsiones, pérdida de memoria a corto plazo
- Monitoreo a gran escala en EEUU con respuesta rápida y regulación de la pesca
- Umbral de 20 μg/g de carne de mariscos, pero a menudo las vísceras están aún más elevadas a este nivel y significan un riesgo





Fuente: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/amnesic-shellfish-poisoning

Fuentes: NOAA, Karina Cardozo (Cardozo et al., 2007) (DA molecule)

Perturbación para Depredadores Visuales

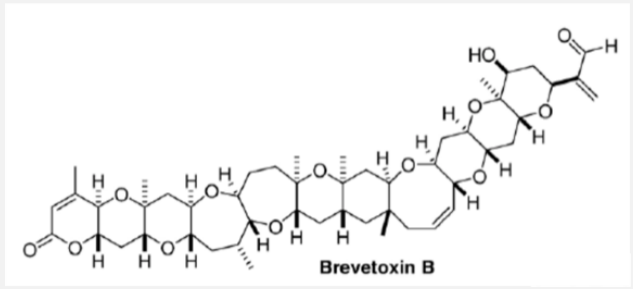
Floración de Cocolitóforos – e.g., *Emiliania huxleyi*

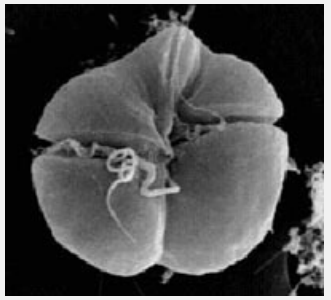
Fuentes (Clockwise from Top): NASA Earth Observatory; Young et. al., 2003; Alison R. Taylor; Oregon Coast Aquarium

Vectores en la Red Alimentaria y Eventos de Toxinas en el Aire

Intoxicación Neurotóxica por Mariscos – e.g., *Karenia brevis*

- *Karenia brevis* forma floraciones intensas llamadas ‘Mareas Rojas de Florida’ y libera una toxina conocida como brevetoxin
- Tiene efectos gastrointestinales y neurológicos que resultan de consumir mariscos
- Las células y toxinas pueden ser cargadas por la atmósfera suprayacente por la acción de las olas y causar problemas respiratorios en personas a sotavento





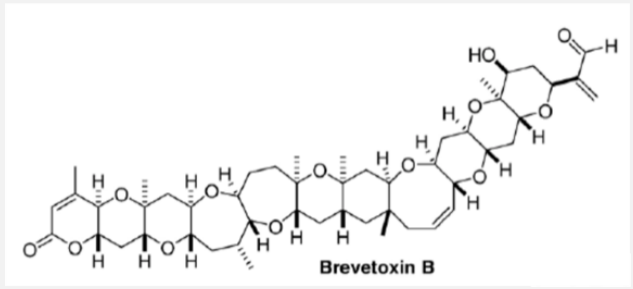
Credit: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/neurotoxic-shellfish-poisoning

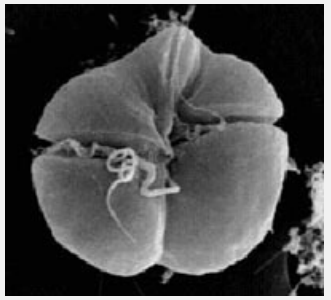
Photo Credit (Clockwise from Top): Karina Cardozo (Cardozo et al., 2007); John Dutton; P. Schmidt, Charlotte Sun Times

Vectores en la Red Alimentaria y Eventos de Toxinas en el Aire

Intoxicación Neurotóxica por Mariscos – e.g., *Karenia brevis*

- Normalmente no es letal, sólo a veces require hospitalización
- Síntomas
  - Gastrointestinales: náusea, vómitos
  - Neurológicos: sensación punzante en la boca, labios y lengua, mareo, arrastrar las palabras, parálisis parcial, dificultad respiratoria





Credit: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/neurotoxic-shellfish-poisoning

Photo Credit (Clockwise from Top): Karina Cardozo (Cardozo et al., 2007); John Dutton; P. Schmidt, Charlotte Sun Times

Amenazas al Agua Potable

CyanoHAB – e.g., *Microcystis aeruginosa*

- Varios grupos de cianobacterias producen toxinas que pueden ser liberados al ambiente
- Cuando *Microcystis aeruginosa* florece forma una espuma distinta en la superficie, visible en las imágenes de teledetección
- Aun en concentraciones relativamente bajas, su toxina, microcistina puede hacer daño a las personas y animales si es ingerida

Credit: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/cyanobacteria

Bulletin Credit: NOAA

Amenazas al Agua Potable

CyanoHAB – e.g., *Microcystis Aeruginosa*

- La microcistina es una hepatotoxina. La exposición aguda resulta en insuficiencia hepática y la exposición prolongada de bajos niveles causa tumores hepáticos
- Síntomas – vómitos, diarrea, dolores abdominales, letargo y sarpullido
- Es una prioridad poder pronosticar deventos de cyanoHAB

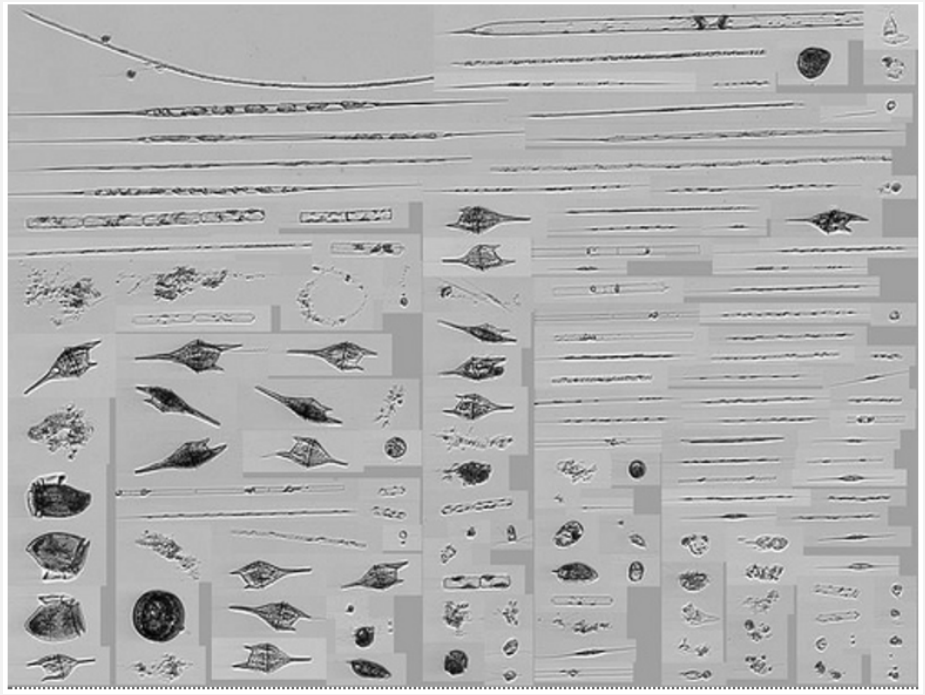
Credit: WHOI https://www.whoi.edu/redtide/human-health/cyanobacteria

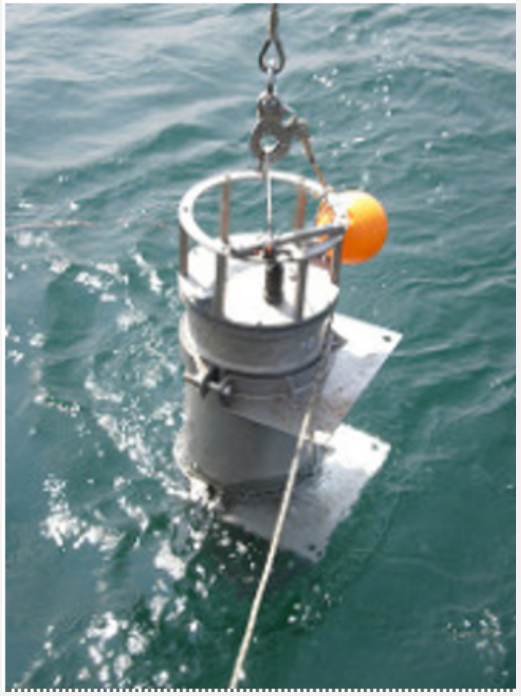
Bulletin Credit: NOAA

Métodos de Monitoreo In Situ de HABs

Enumeración de Células

- Mediciones microscópicas tradicionales de muestras de agua entera
- Microscopía de imágenes automatizada
- Citometría de flujo de imágenes automatizada
- Ejemplo:
  – Imaging FlowCytobot





Credit: MBARI
Image Credits: Sosik & Olson (2007); Olson & Sosik (2007)

Aproximaciones Ópticas

- Fluorometría
  - concentración de clorofila
  - anomalías de clorofila
  - fluorometría de pigmentos accesorios de taxones específicos
- Propiedades ópticas inherentes (Inherent Optical Properties o IOPs)

Observaciones de Toxinas

- Carga de organismos objetivo: e.g., bioensayo de ratones, mejillones
- Carga de microesferas de resina, i.e., SPATT
- Cromatografía – mediciones de espectrometría de masas, i.e., LC-MS
- Métodos de biología molecular: e.g., ELISA

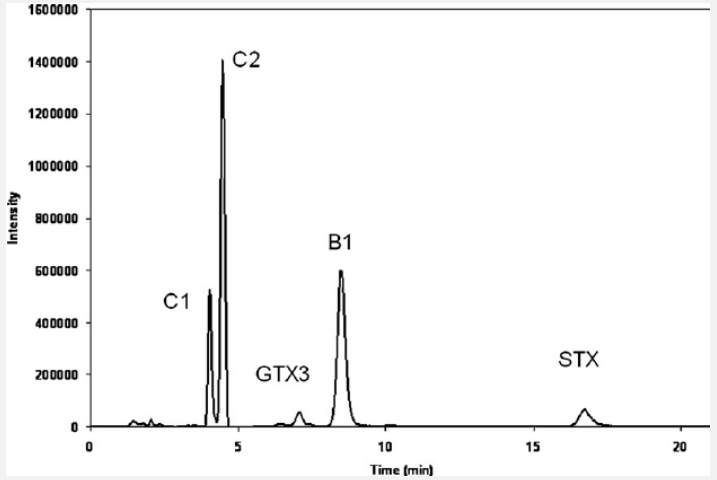
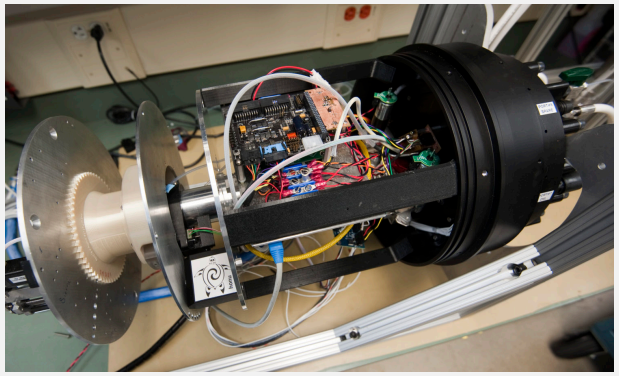
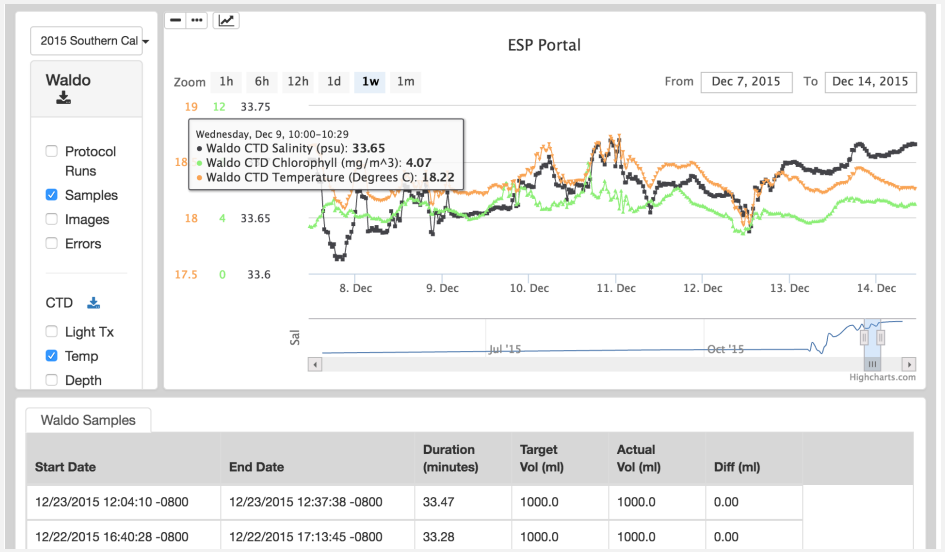


Image Credits: (L-R) Kylla Benes; Raphael Kudela; Borkman et al. (2012)

Sistemas de Observación Oceánica
Estudio de Caso – Procesador de Muestras Ambientales (Environmental Sample Processor o ESP)

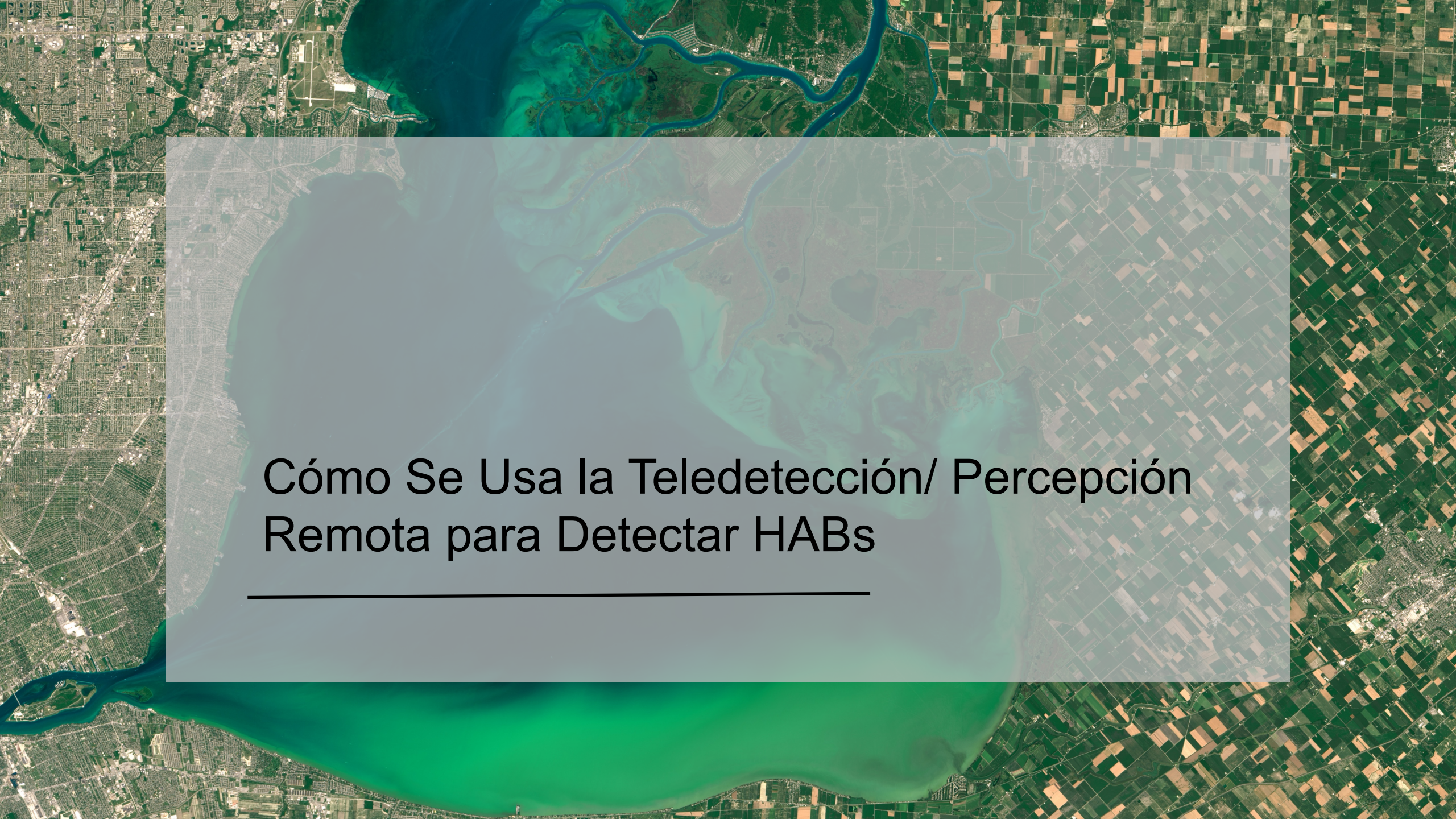




Start Date	End Date	Duration (minutes)	Target Vol (ml)	Actual Vol (ml)	Diff (ml)
12/23/2015 12:04:10 -0800	12/23/2015 12:37:38 -0800	33.47	1000.0	1000.0	0.00
12/22/2015 16:40:28 -0800	12/22/2015 17:13:45 -0800	33.28	1000.0	1000.0	0.00

- Desarrollado por el Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI)
- De amarre autónomo, utilizado en el mar, recolecta muestras de agua e identifica la presencia de organismos y/o toxinas biológicas
- Muestreo y transmisión de datos a investigadores o gestores de recursos
- Puede configurarse para las necesidades específicas de una región
- Las muestras se pueden preservar para análisis posterior

Credit: MBARI



Cómo Se Usa la Teledetección/ Percepción Remota para Detectar HABs

Mensaje Principal para la Serie de Cusros en Línea…

- Las imágenes de teledetección son una herramienta para ayudar en el monitoreo y pronóstico de eventos de HABs para entender los impactos para la salud ecosistémica y/o humana

- Las imágenes de teledetección/ percepción remota no remplazan el muestreo a nivel del suelo

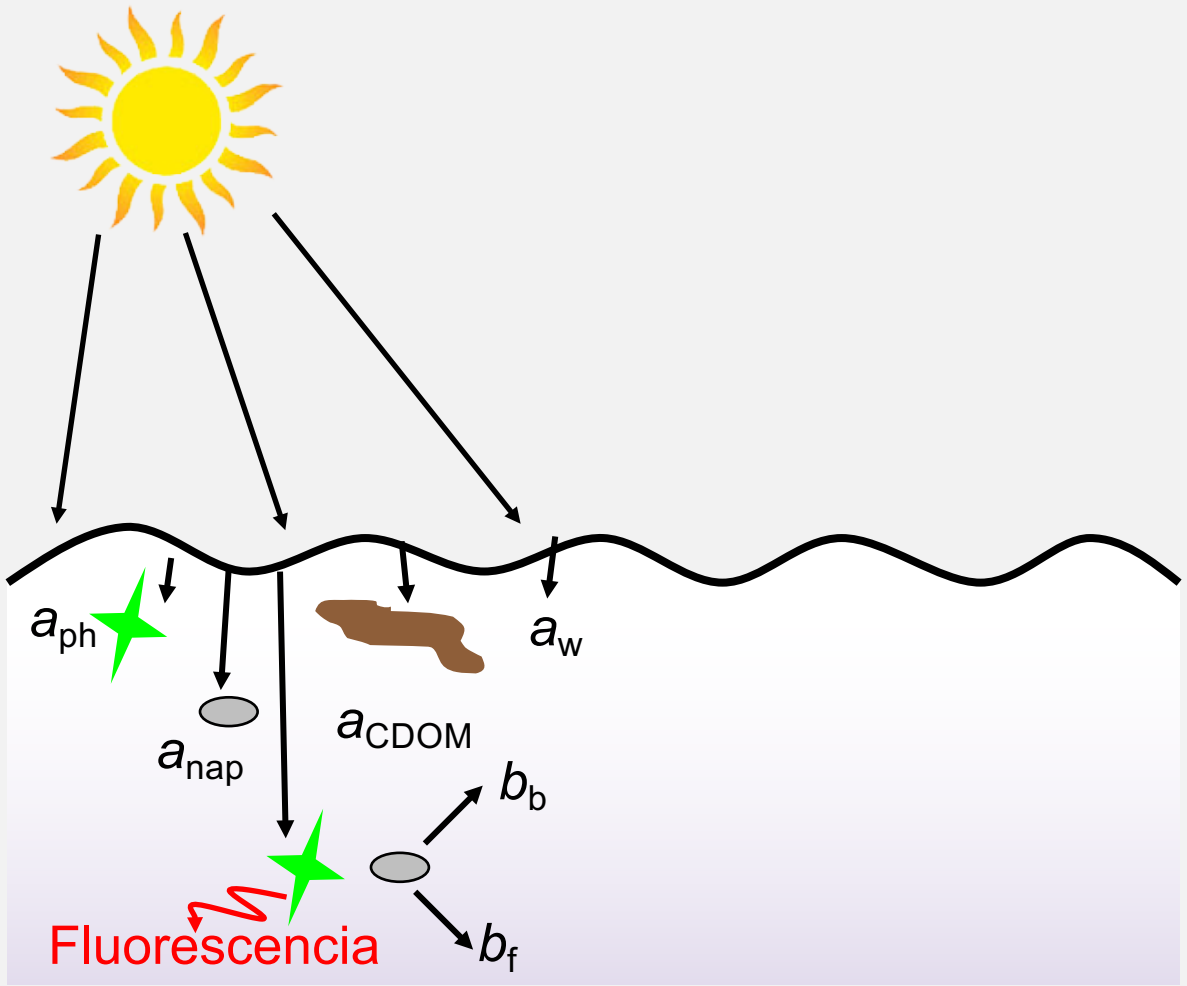
- Las imágenes, con sus algoritmos y modelos ecosistémicos asociados, informan métodos de muestreo adaptivo utilizados por administradores de recursos

Productos de la Teledetección Utilizados en la Detección de HABs

- Clorofila
- Anomalías de clorofila-a
- Discriminación de algas basada en propiedades ópticas inherentes
- Observaciones de teledetección acopladas con modelos de condiciones ambientales

Cómo la Luz Interactúa con el Agua

Definición de Reflectancia de Teledetección (R_{rs}) – o 'Color Oceánico"



$$R_{rs}(\lambda,0^+) \cong C \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)}$$

Propiedades ópticas inherentes

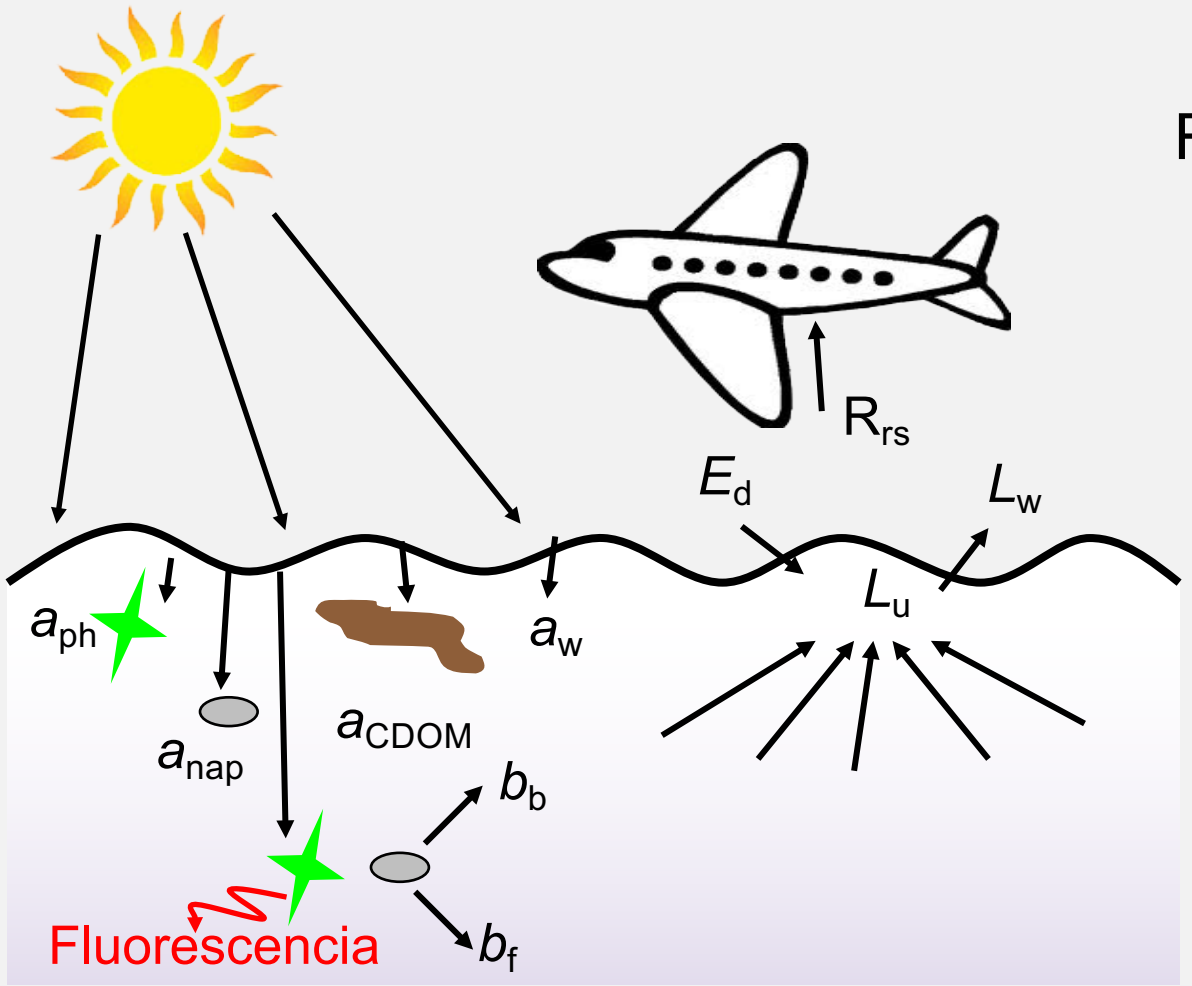
a = absorción por…

- fitoplancton (ph)
- partículas no-algales (nap)
- materia orgánica disuelta coloreada (CDOM)
- agua (w)

b = dispersión hacia adelante (f) y hacia atrás (b)

Cómo la Luz Interactúa con el Agua

Definición de Reflectancia de Teledetección (Rrs) – o 'Color Oceánico''



$$R_{rs}(\lambda,0^+) \cong C \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)} = \frac{L_w(\lambda)}{E_d(\lambda,0^+)}$$

Propiedades ópticas inherentes
a = absorción
b = dispersión

Propiedades ópticas aparentes
L_w = radiancia partiendo del agua
L_u = radiancia ascendiente
E_d = radiancia descendiente
R_{rs} = reflectancia de teledetección (rs)

Las Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs) y el ‘Color’ del Agua

$$R_{rs}(\lambda,0^{+}) \cong C \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)}$$

Absorción (*a*) de la luz por fotoplancton (ph), partículas no-algales (nap), agua (w) y materia orgánica disuelta coloreada (CDOM)

$$a = a_{ph} + a_{nap} + a_{CDOM} + a_w$$

Dispersión (*b*) de la luz por partículas hacia adelante (b_f) y hacia atrás (b_b)

$$b = b_f + b_b$$

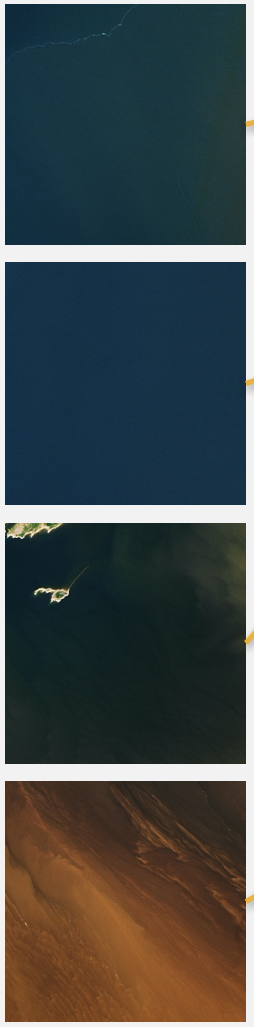
Las Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs) y el ‘Color’ del Agua

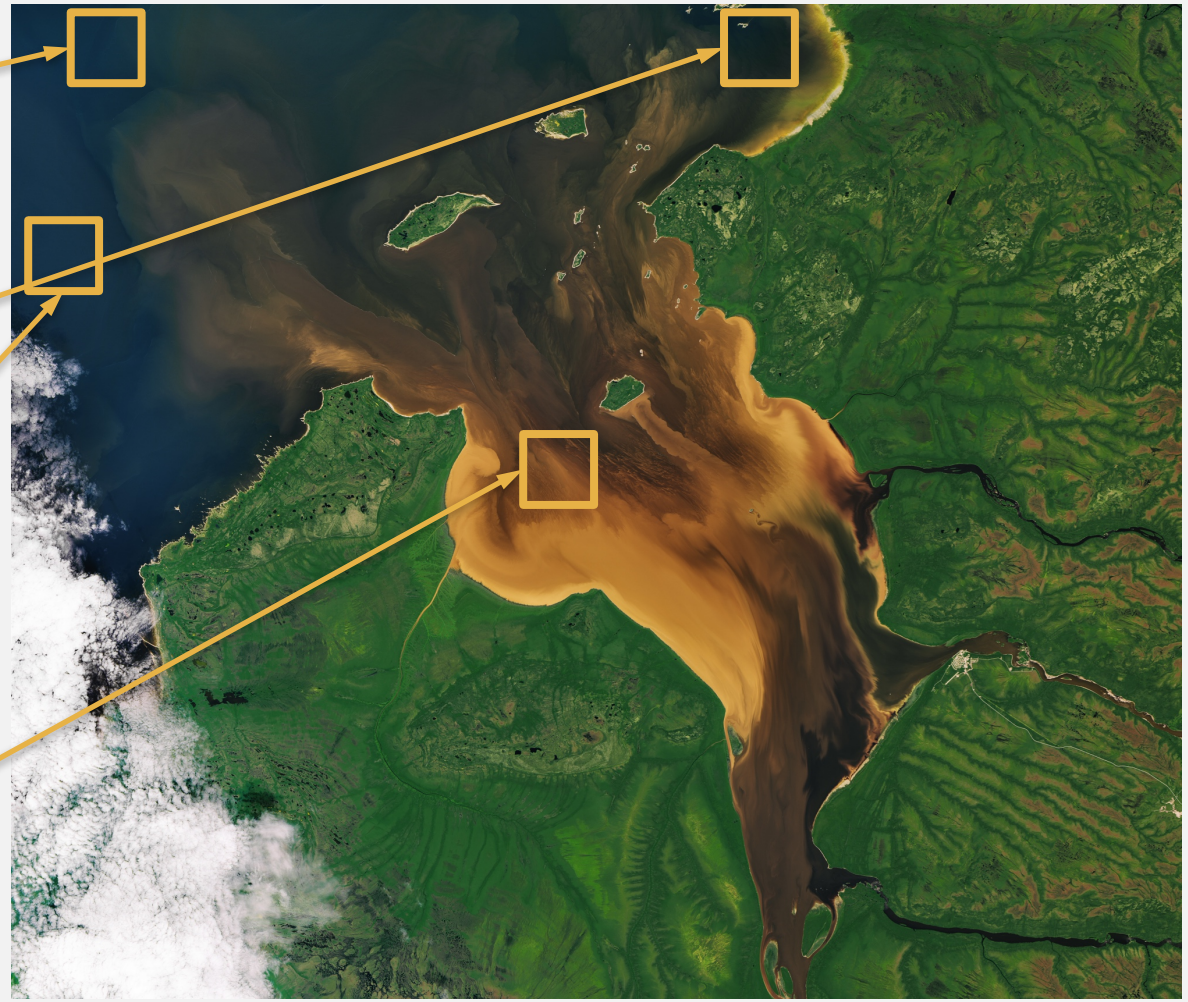
Clorofila

Agua

CDOM

Nap/
Sedimentos

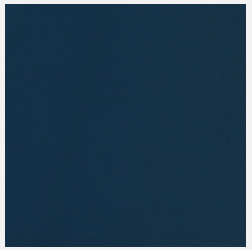




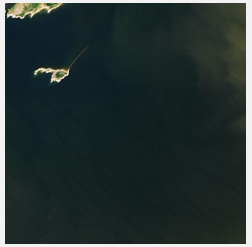
Las Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs) y el ‘Color’ del Agua

Clorofila

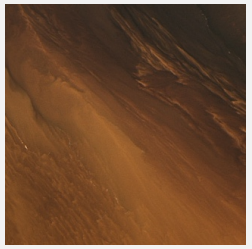
Agua

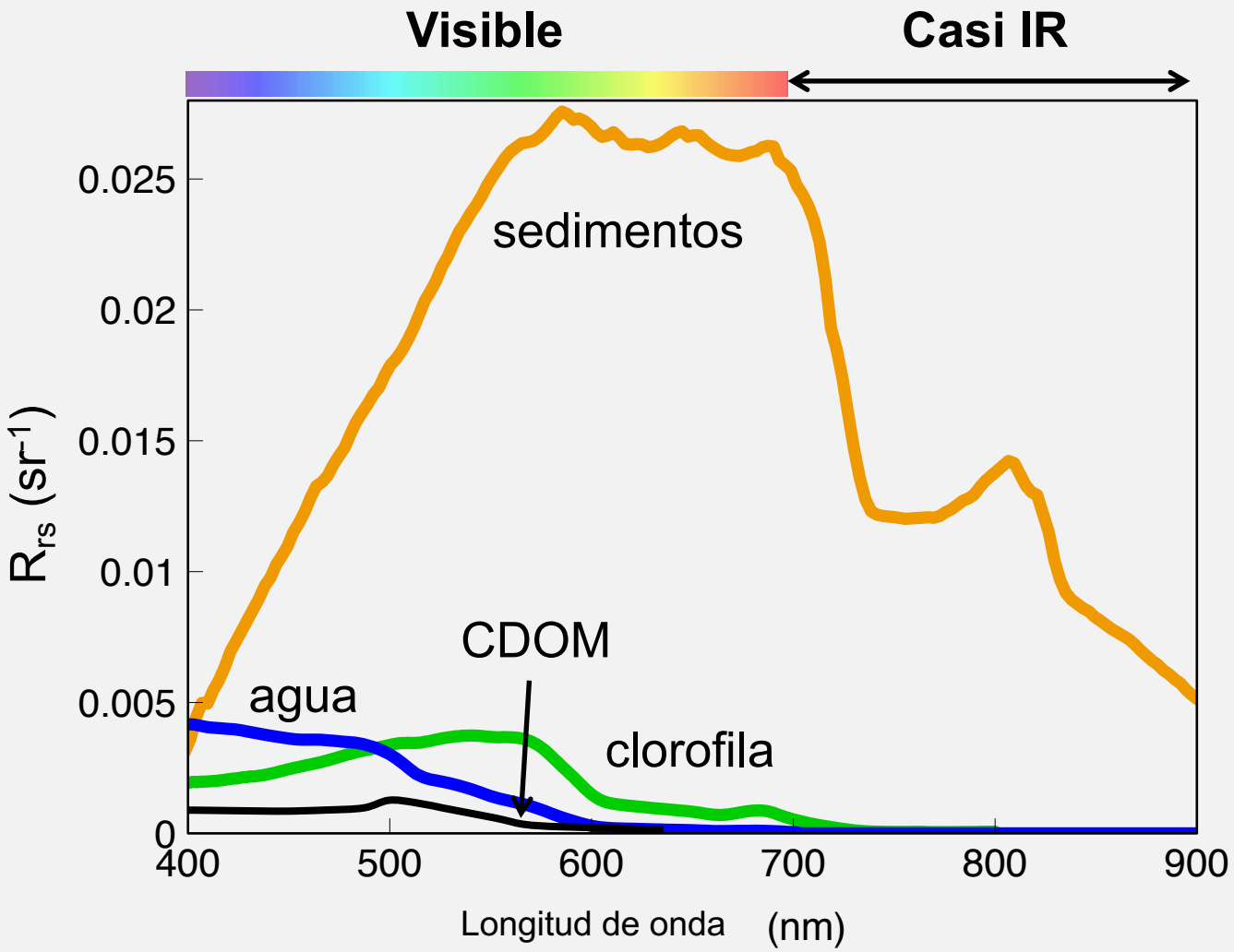


CDOM



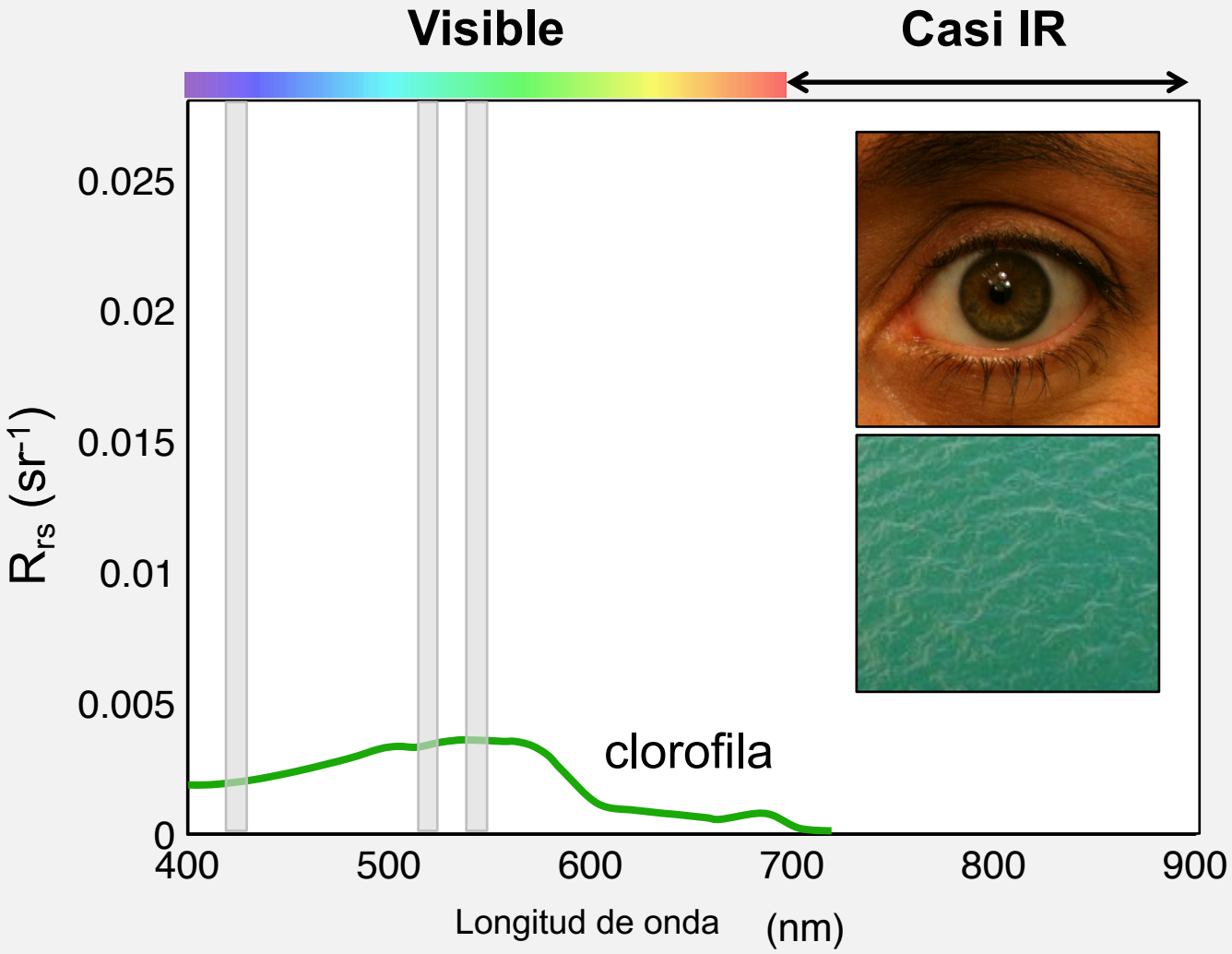
Nap/
Sedimentos



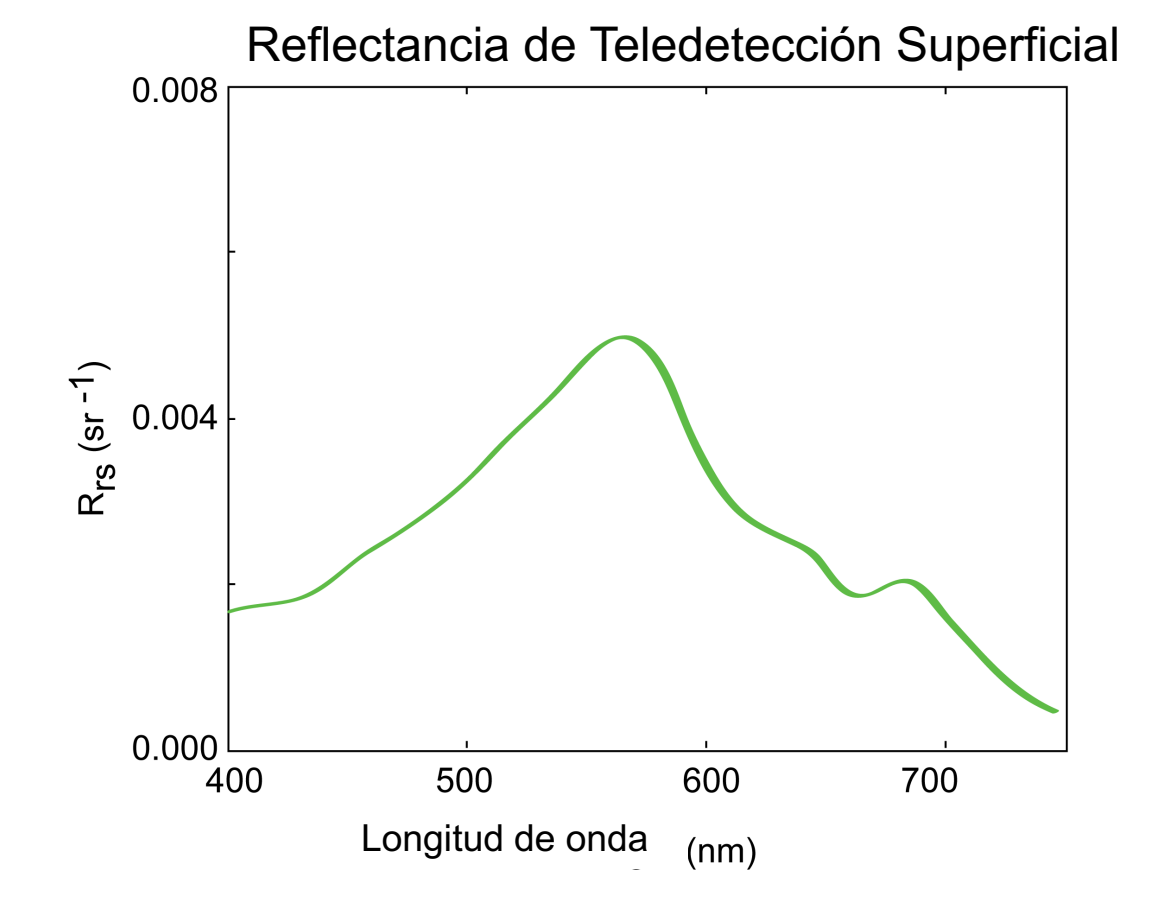


Las Propiedades Ópticas Inherentes (IOPs) y el 'Color' del Agua

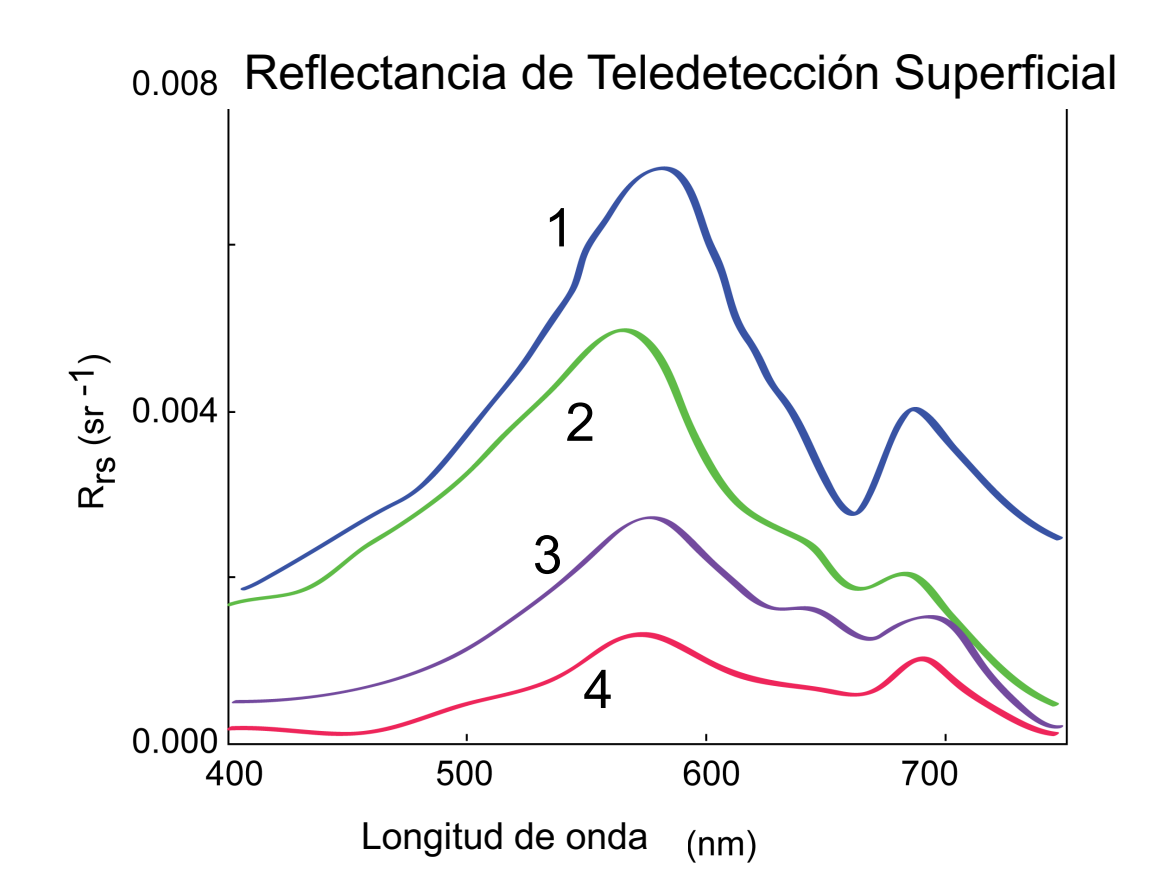
- Un ojo humano típico tiene receptores de detección cromática que perciben la luz de la siguiente manera:
  - 420-440 nm 'azul'
  - 534-555 nm 'verde'
  - 564-580 nm 'rojo'
- El agua con un alto contenido de clorofila se ve verde porque refleja fuertemente en la parte verde del espectro

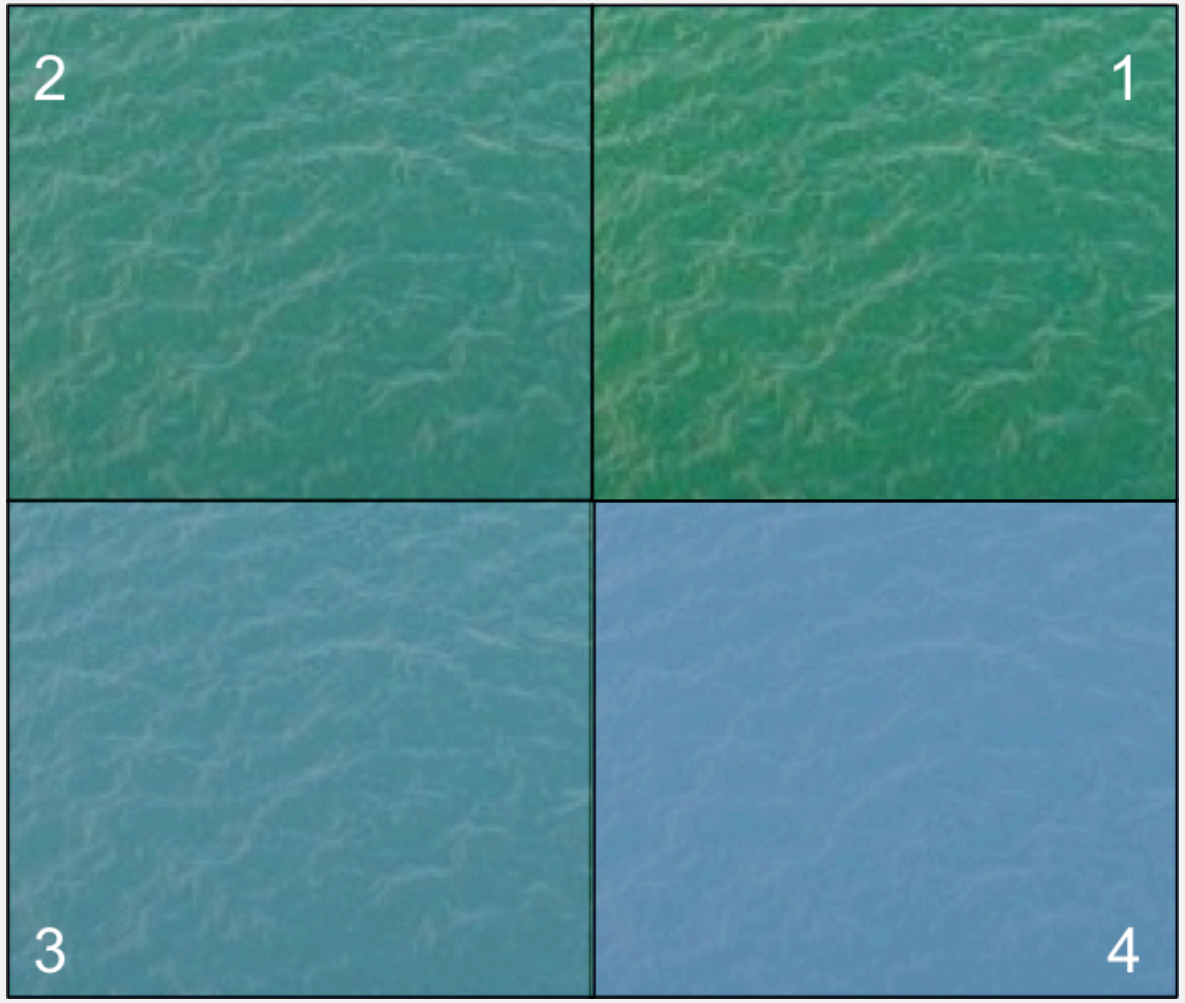


Clorofila-a a partir de la reflectancia de teledetección (R_{rs})



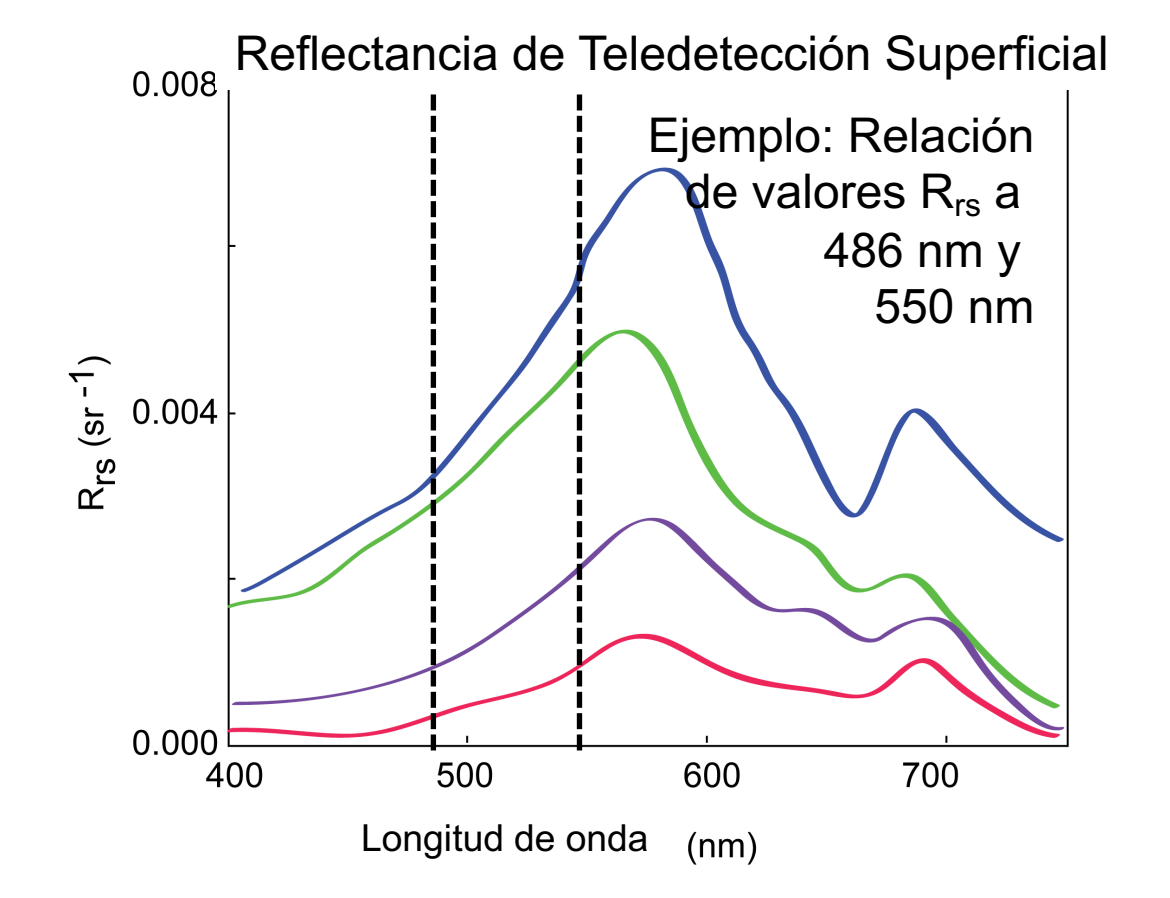
R_{rs} en Diferentes Conentraciones de Clorofila-a

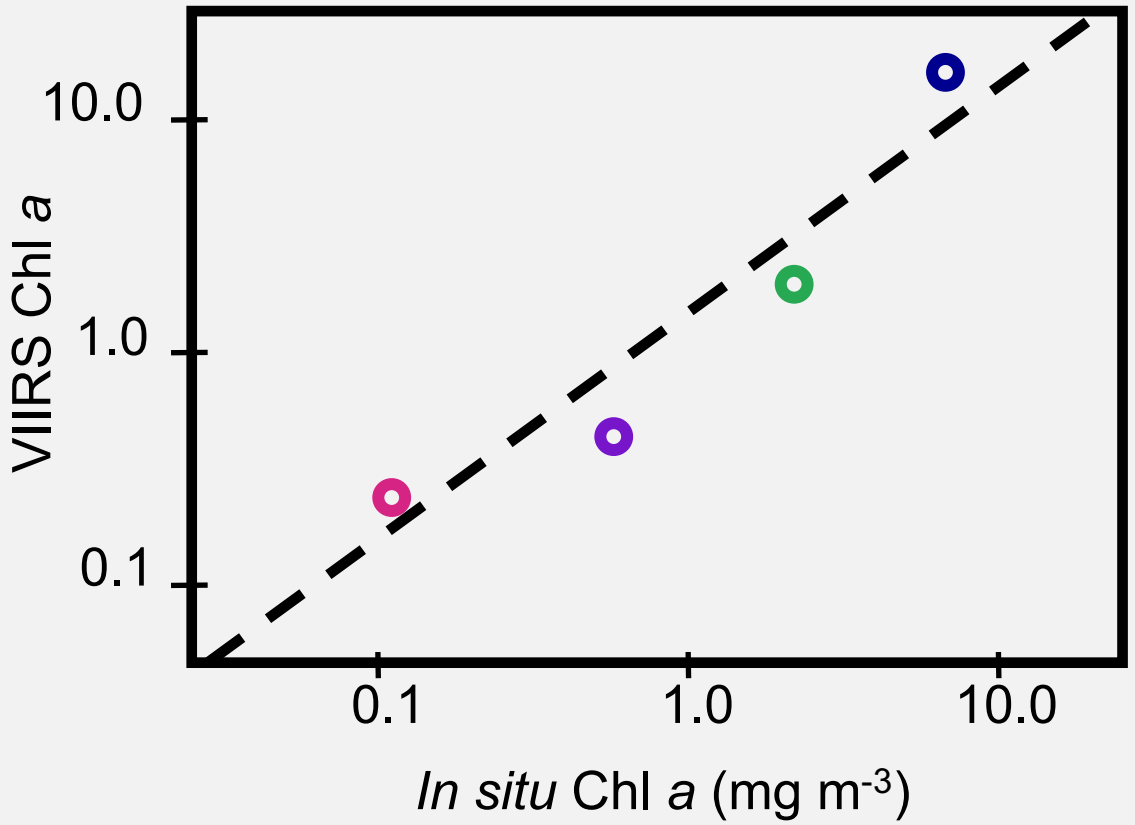




Estimaciones de Clorifila-a

Las estimaciones son una función de la relación entre los valores R_{rs}

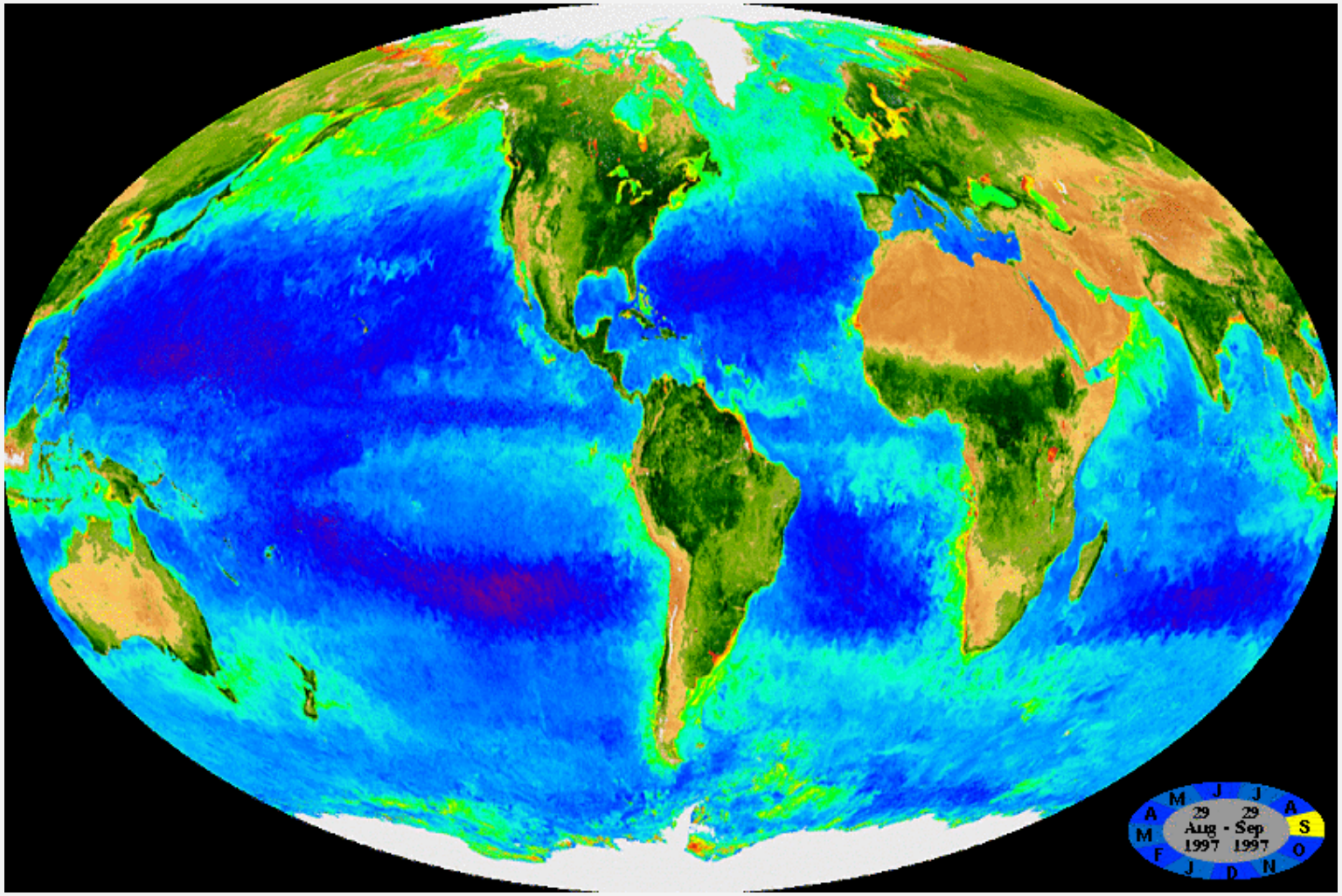




Algorithm description: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/atbd/chlor_a

Clorofila-a desde el Espacio

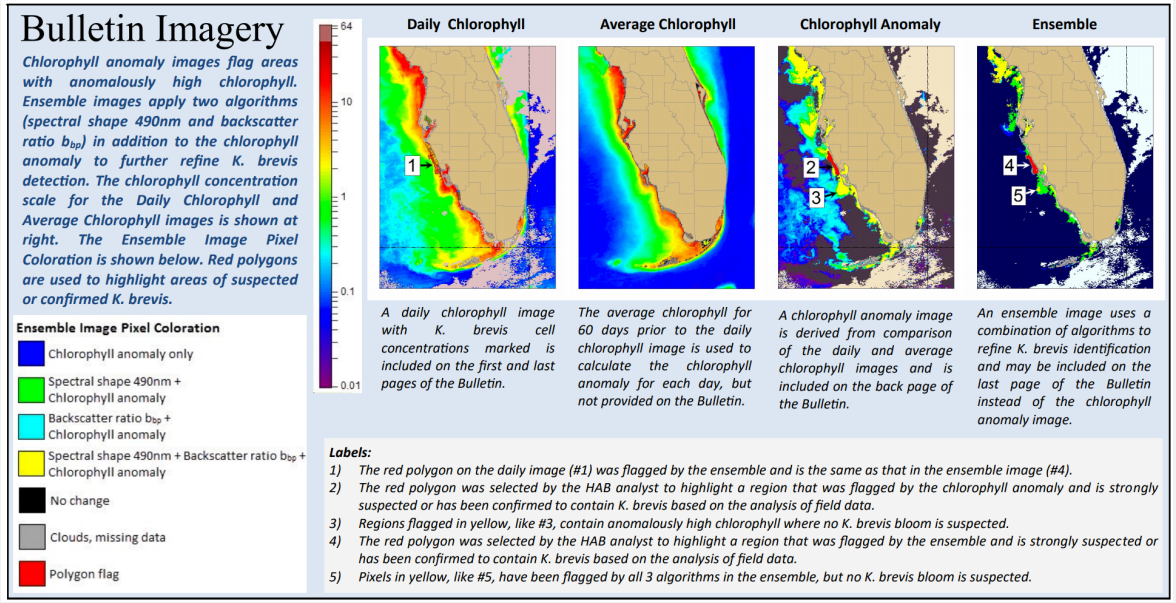
Sensor SeaWiFS - Animación



Anomalía de Clorofila-a

Estudio de Caso – *Karenia brevis* en la Costa Occidental de Florida

- La anomalía muestra dónde la concentración diaria de clorofila se desvía del medio calculado a lo largo de un período de 60 días que acabó dos semanas antes de la fecha de muestreo
- Los métodos que usan anomalías no son exclusivos a esta especie y son una forma efectiva de identificar regiones de cambio rápido de concentración de clorofila
- *Karenia brevis* tendie a ser mono-específica



- Una anomalía de 1 mg $^{m-3}$ puede indicar una floración de *Karenia brevis* en esta región

Image Credit: https://tidesandcurrents.noaa.gov/hab/hab_publication/habfs_bulletin_guide.pdf

Anomalía de Clorofila-a

Estudio de Caso – Karenia brevis en la Costa Occidental de Florida

- *Karenia brevis* es un dinoflagelado relativamente grande y como resultado tiene una señal de retrodispersión baja
- Esta firma de retrodispersión da a las floraciones monoespecíficas un espectro de reflectancia de teledetección característico
- Este espectro de firmas se usa para diferenciar este organism para monitorear para eventos de HABs

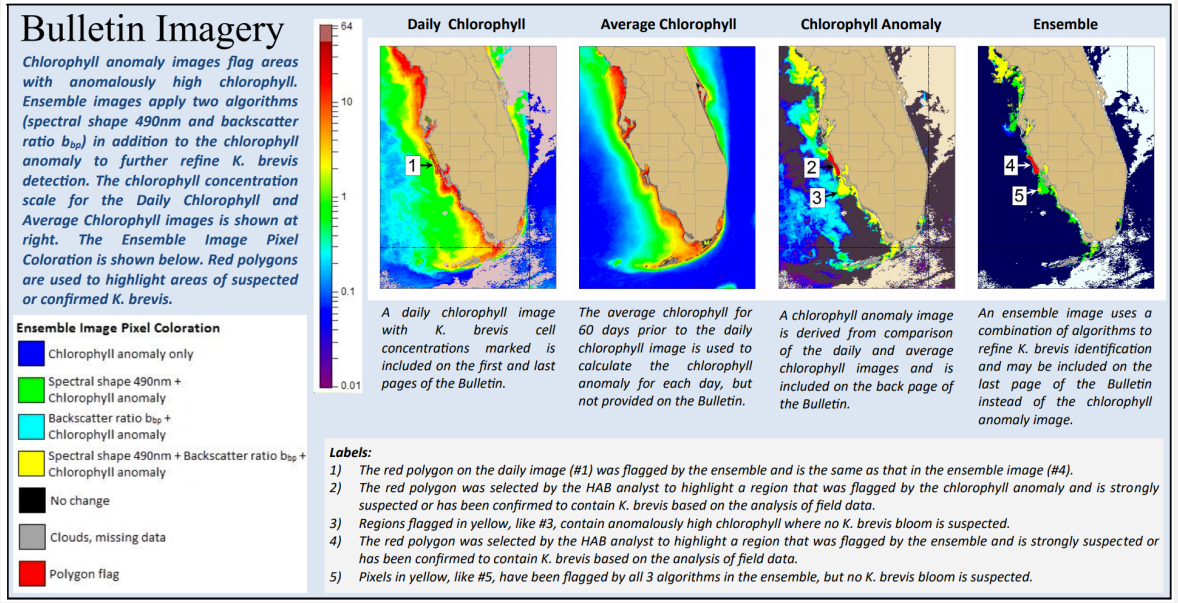


Image Credit: https://tidesandcurrents.noaa.gov/hab/hab_publication/habfs_bulletin_guide.pdf

Ventajas y Limitaciones de la Teledetección en Ambientes Acuáticos

Limitaciones de la Teledetección para HABs

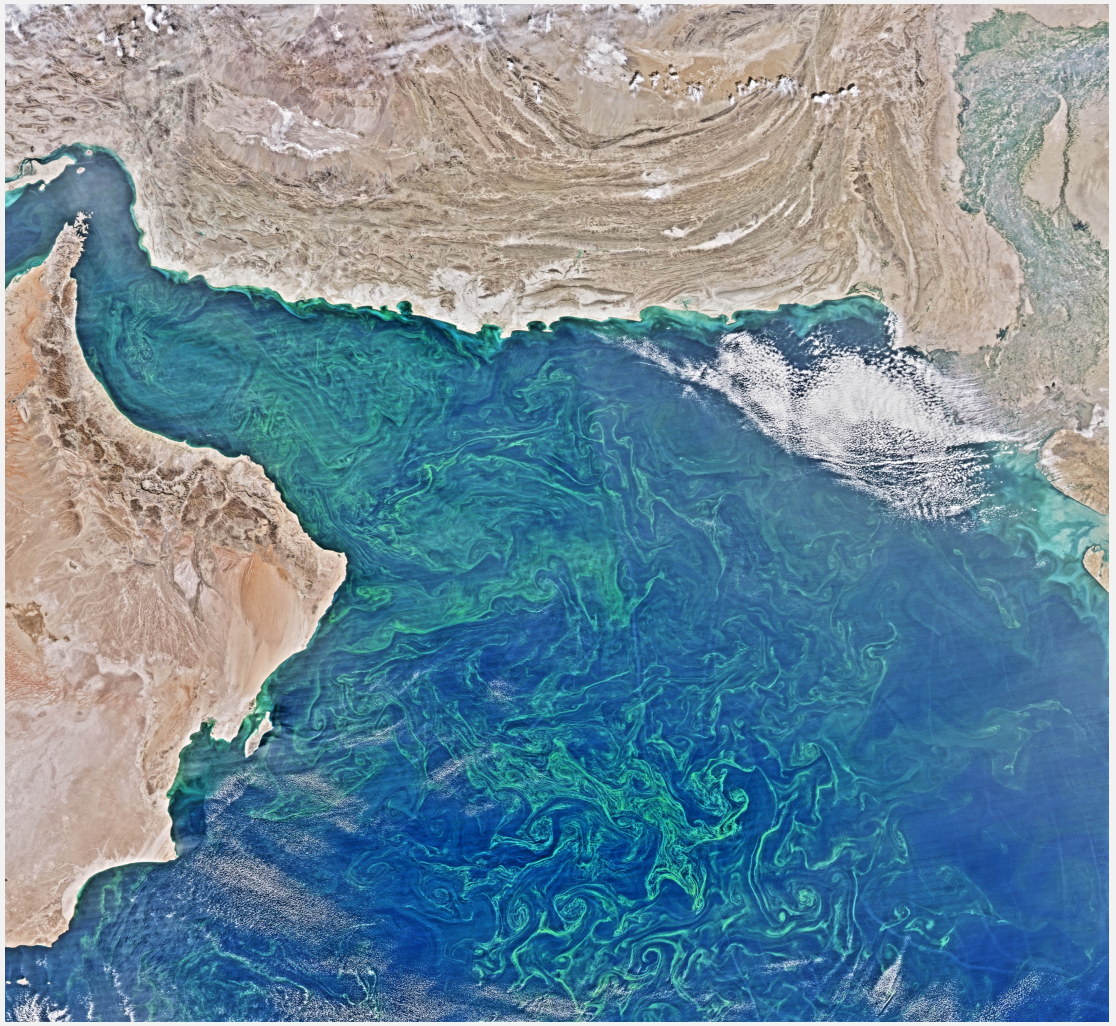
- Medición indirecta – en realidad no mide toxinas
- No se puede inferir cuál especie será
- Resolución espacial bruta sobre grandes extensiones – puede que no sea apropiado para toda ubicación
- Todas las mismas limitaciones de la teledetección acuática:
  – corrección atmosférica
  – destello
  – ángulo solar
  – nubes

Ventajas y Méritos de la Teledetección fara HABs

- Las observaciones de la teledetección pueden informar a los gestores de recursos hídricos sobre dónde aplicar sus esfuerzos de rastreo para verificar la presencia de una HAB (i.e., muestreo adaptivo)
- Las mediciones de muestreos a escala espacial y temporal posibles con imágenes satelitales no son posibles con observaciones in situ
- Las observaciones de teledetección se pueden usar como un nivel de datos a ser integrado en modelos o sistemas de pronóstico

Reseña

- Vistazo General de las HABs* Marinas y de Agua Dulce
- HABs, Ecosístemas y la Salud Humana
- Métodos de Monitoreo In Situ de HABs
- Cómo Se Usa la Teledetección/ Percepción Remota para Detectar HABs
- Las Ventajas y Limitaciones de la Teledetección en Ambientes Acuáticos



National Aeronautics and
Space Administration

ARSET

Applied Remote Sensing Training

http://arset.gsfc.nasa.gov

@NASAARSET

¡Gracias!

La Próxima Semana:

Plataformas y Sensores, Acceso a Datos y Procesamiento de Datos